

**HRVATSKO RUDARSKO-GEOLOŠKO DRUŠTVO
MOSTAR**

**RUDARSKO-GEOLOŠKI
GLASNIK 2008.**

MOSTAR, PROSINAC 2008.

Glavni urednik:

Jakov Konta, dipl. inž. rud.

Tehnički urednik:

Josip Marinčić, dipl. inž. geol.

Uređivački kolegij:

*Željko Knezović, dipl. inž. rud., Ivan Mikulić dipl. inž. rud., Jakov Konta, dipl. inž. rud.,
Mario Oreč, dipl. inž. rud., Zoran Prusina, dipl. inž. geol., Alojz Filipović, dipl. inž. geol. i
Boško Barišić dipl. inž. rud.*

Nakladnik:

Hrvatsko rudarsko-geološko društvo

Za nakladnika:

UO Hrvatskog rudarsko-geološkog društva

Naslovna stranica:

Mladen Bernadić-Kula

Fotografije na naslovnici:

Motivi iz Širokoga Brijega

Prijelom i tisak:

FRAM-ZIRAL, Mostar

Svi radovi u Glasniku dostavljeni su od strane autora na disketi, CD-u ili elektronskom poštom. Radovi nisu recenzirani, niti lektorirani. Autori su odgovorni za sadržaj svojih radova.

Rješenjem Federalnog ministarstva prosvjete, znanosti, kulture i športa br. 02 413 6501/98 proizvod je oslobođen plaćanja poreza na promet

ISSN 1840 0299

SADRŽAJ

RIJEČ UREDNIKA	5
 I. IZ NAŠE PROŠLOSTI	
Ferdinant, Ferdo Pudelko	
ISTRAŽIVANJA ZEMNOG ULJA I PLINA NA PODRUČJU BOSNE I HERCEGOVINE	9
 II. IZ RUDARSTVA	
E. Bektašević, I. Bajrektarević, J. Konta	
DTL METODA ZA EKSPLOATACIJU PREOSTALIH REZERVU PODINSKOG UGLJENOG SLOJA NA PK „KORITINIK II“ RMU „BREZA“ d. o. o. BREZA	19
Željko Knezović	
IDEJNO RJEŠENJE EKSPLOATACIJE TEHNIČKO-GRAĐEVNOGA KAMENA NA PODRUČJU RAŠKE GORE	33
E. Bektašević, A. Baraković, J. Konta	
PROCJENA UTICAJA NA OKOLIŠ EKSPLOATACIJE KREČNJAKA OTVARANJEM DUBINSKE ETAŽE NA PK „SOKOLICA“ KOD ZAVIDOVIĆA	43
J. Marinčić	
ISKOP MINERALNE SIROVINE U SVRHU IZRGRADNJE OBJEKATA	53
 III. IZ GEOLOGIJE:	
N. Miošić	
SIGNIFICANT RESULTS OF RESEARCH AND MEASURES FOR SOLUTION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF GROUND AND SURFICIAL WATERS IN BIHAĆ AREA, BOSNIA AND HERZEGOVINA	61
H. Isaković, J. Marinčić	
GEOLOŠKA GRAĐA I STEPEN ISTRAŽENOSTI LEŽIŠTA LIGNITA KONGORA KOD TOMISLAVGRADA	79

A. Galić, M. Prskalo, J. Marinčić, G.	
KOMPLEKSNA ANALIZA ZNAČAJKI PODRUČJA VODOPADA KRAVICE NA RIJECI TREBIŽAT	89
M. Zelenika, J. Šipić	
EKONOMIČNOST PRIMJENE GEOFIZIČKIH METODA U ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA BOKSITA	109
N. Miošić	
GROUNDWATER FLOWS CONNECTIONS AND WATER SUPPLY IN HOLOKARSTIC BIHAĆ AREA, BOSNIA AND HERZEGOVINA	119
T. Ćubela, I. Krivić	
STANJE REZERVI MINERALNIH SIROVINA U LIVANJSKOM BAZENU	135

IV. IZ GEOTEHNIKE

V. Bilopavlović	
PROBLEMATIKA DOVOĐENJA VODA GRUDSKOG VRILA U AKUMULACIJU HE PEĆ MLINI	161
P. Marijanović, M. Prskalo	
GEOMEHANIČKE I VARIOGRAFSKE KARAKTERISTIKE FLUVIOGLACIALA BLIDINJSKE SINKLINALE	169

V. IZ EKOLOGIJE

M. Zelenika, N. Trenc, M. Čavić	
GOSPODARENJE VODAMA U DELTI NERETVE	183

SJEĆANJA

VLATKO CRNJAC (1940. -2008.)	199
-------------------------------	-----

PREDSTAVLJANJE KNJIGE

P. Marijanović	
<i>GEOSTATISTIKA KRŠA DINARIDA</i>	201
M. Prskalo	
<i>GEOMEHANIČKE ODLIKE BLIDINJSKE SINKLINALE U FUNKCIJI GEOLOŠKOG NASTANKA PROSTORA</i>	204
M. Petrović	
<i>PRIPREMA MINERALNIH SIROVINA OSNOVE AGLOMERIRANJA</i>	206

RIJEČ UREDNIŠTVA

Poštovani čitatelji, pri kraju smo još jedne godine, koja je gledano globalno na svjetskoj razini u poslovnom smislu počela uobičajeno, a po svemu sudeći završava sa recesijom većih razmjera.

Posljedice toga će se prenijeti i u naše okruženje, a osjetit ćemo ih u narednom razdoblju ili ih već osjećamo.

Oblasti rudarstva i geoloških istraživanja su kroz povijest bila u raznim krizama i na mnogim iskušenjima zasigurno puno više od drugih djelatnosti. Rizičnost bavljenja u svakom pogledu, našoj djelatnosti daje posebnost. Stoljetno štovanje sv.Barbare je svakako dio te posebnosti.

RUDARSKO-GEOLOŠKI GLASNIK uporno, baš kao i ovaj broj 12, nadopunjuje našu svetkovinu, a objavljeni radovi trajno ostaju vrijedno štivo našim čitateljima.

Ustrajnost naših prijatelja i sponzora te visoka stručna razina i kvaliteta radova, jamac su opstojnosti našeg Glasnika.

Glasnik koji je pred vama je tematski tradicionalan i već prepoznatljiv. Autori su također tradicionalni što će u perspektivi trebati mijenjati uključivanjem što većeg broja autora prvenstveno misleći na naše članove. I u protekloj godini je bilo cijeli niz različitih aktivnosti tematski prihvatljivih za naš Glasnik, a koje na žalost nisu obrađene u formi rada da bi ih kao takve mogli objaviti. Posebnu vrijednost i korisnost predstavljaju radovi koji su rezultat realizacije ili istražnih radova vezanih za direktne i razvojne projekte na našim prostorima.

Sadržajno je bogatija tematska oblast geologije, prvenstveno zbog nešto izraženije istraživačke aktivnosti, te zbog činjenice da je koncem listopada u Neumu održano III Savjetovanje geologa BiH u organizaciji Udruge geologa BiH.

Na kraju, upućujemo svima čestitke i zahvalu za dvanaesti broj Glasnika, posebno onima koji su na bilo koji način pomogli izdavanju ovog broja.

UREDNIŠTVO!

I.
IZ NAŠE PROŠLOSTI

ISTRAŽIVANJA ZEMNOG ULJA I PLINA NA PODRUČJU BOSNE I HERCEGOVINE

Ključne riječi: **Alpidi** - mezo-kenozojski sklop tvorevina u Dinaridima; **Arhaik** i **Algonkij**

> **PREDKAMBRIJ**<; **Kambrij**, **Silur**, **Devon**, **Karbon** i **Perm** >**PALEOZOIK**<; **Trijas**, **Jura** i **Kreda** >**MEZOZOIK**<; **Tercijar** i **Kvartar** >**KENOZOIK**< - razdoblja geološke prošlosti Zemlje; **eventualan** - sposoban za djelovanje; **gas** - plin; **geološka formacija** - stupanj u razvitku naslaga u toku jednog geološkog perioda; **interpretacija** - objašnjenje, izlaganje ili tumačenje nekog smisla; **litofacijes** - izražaj izgleda stijene (kamena); **nafta** - zemno ulje; **orogeneza** - postanak gorja; **parafin** - zemni vosak; **perspektiva** - pogled u budućnost; **poroznost** - propustljivost kroz šupljikavu krutu materiju; **potencijalno** - moguće, pretpostavljeno ostvarljivo; **preliminarni** - predhodni, uvodni, pripremni; **prospekcija** - predviđanje novog stanja ili situacije; **sedimenti** - naslage; **stratigrafija** - razvojni put stvaranja stijena; **struktura** - sastav građe, sklop tvorevine; **tercijar** = **paleogen** i **neogen** - početna razdoblja kenozoika; **kvartar** = **diluvij** (potopno doba) i **aluvij** (naplavno doba) - najmlađe razdoblje u razvoju zemlje.

PRVA ISTRAŽIVANJA ZEMNOG ULJA I PLINA U BOSNI I HERCEGOVINI

Na području Bosne i Hercegovine stručna geološka istraživanja nafte i plina započeta su prije 115 godina za vrijeme austro-ugarske uprave. Godine 1895 Johann Grimmer, montanist iz Beča, dolazi u tuzlansko područje da provjeri nalaze poznatih montan-geoloških istraživača C. Paula i M. Neumayr-a iz 1872 godine o pojavi sirove nafte. Oni su u svojim pisanim izvještajima ustvrdili *>da je u europskoj Turskoj u selima Požarnica i Slavinovići kod Gornje i Donje Tuzle stoljećima izbijao plin iz zemlje, koji je povremeno gorio u vidu "plamenih jezika". Požar iz zemlje prijetio je seoskim zgradama pa je selo po tom dobilo ime Požarnica.<* Grimer je 1896 godine nakon provjere sa dvije relativno plitke bušotine od oko 150 m dubine, utvrdio kod mjesta Rožnja pojavu nafte i izvijestio "Zajedničko ministarstvo financija" austrougarske Vlade u Beču. Dužnost ministra sa posebnom ovlasti za BiH od 1882 do 1903 obnašao je Benjamin Kalaj, koji je dozvolio da se u bečkim općim časopisima objelodani pojava sirove nafte u tuzlanskom kotaru na području južne padine planine Majevice vjerujući da će se u "Carevini" naći koncesionar-investitor za eventualnu eksploataciju. Johann Grimmer procijenio je da se iste pojave mogu očekivati i na posavskoj strani planine Majevice gdje on nije vršio istraživanja bušenjem već je samo oba-

vio “*montan geološku prospekciju terena*” usporedivši izdanke tercijarnih stijena na sjevernim padinama planine Majevice sa izdancima kod mjesta Rožnja na južnoj padini .

NAFTNO - GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA IZMEĐU DVA SVJETSKA RATA (I. RAT 1914-1918) I (II. RAT 1941-1945)

Poslije prvog svjetskog rata, obzirom na površinske pojave nafte na više lokacija na južnoj padini planine Majevice, započeta su “*Istraživanja zemnog ulja i plina u sjeveroistočnoj Bosni*” od strane Glavne direkcije poduzeća državnog monopola iz Beograda. Za taj projekt bio je zainteresiran i kralj Aleksandar I., koji je bio vlasnik rudarskih koncesija na piritno-zlatonosnim ležištima u dolini rijeke Pek u istočnoj Srbiji pa je želio postati i koncesionar naftnih polja. U pripremnim programskim radnjama insistirao je uvođenje rumunjskih stručnjaka za naftu. Rumunjska je u to vrijeme bila najveći proizvođač parafinske teške nafte u Europi. Tome u prilog išla je i rodbinska veza kraljevskih kuća. Kraljica Marija supruga kralja Aleksandra, dinastije Karađorđević bila je princeza rumunjske kraljevske dinastije.

Zbog geološki i litofacijalno nedefiniranog prostora panonskog bazena kao i nejasnog stjenskog sklopa tvorevina horizonata, istražne bušotine na terenu južne padine planine Majevice su proizvoljno locirane. Radove je izvodila Sekcija dubokog bušenja - Solane u Kreki - Poduzeća državnog monopola. Od godine 1929 do 1934, prvi stručnjak - istraživač nafte diplomirani inženjer rudarstva Viktor Bobulai njegov mlađi asistent Svetozar Lazić osposobili su stručni tim prvih bušača u potrazi za naftom u Tuzli na tada vrlo skupim bušačkim garniturama “Saltzgitera” i “Wirtha”. Majstori - bušači Sakib Arnautović, Božo Marjanović i Salko Hukić, uspješno su izbušili 1935 - 1937 godine u selu Slavinovići najdublju bušotinu u to vrijeme u Europi od 2021 m. Od 1934 do 1941 godine izbušeno je oko trideset bušotina na lokacijama Požarnica, Rožanj, Simin Han, Slavinovići, Tušanj, Vršani i Zavid . Na većinu bušotina u tercijarnim naslagama

- oligomiocenskim i eocenskim pješčenjacima - pojavila se je nafta i plin ali bez značajnijeg proizvodnog efekta. Procjenjuje se da je kroz to vrijeme cjelokupna proizvodnja iznosila oko 1500 tona sirove teške parafinske nafte.

Okupacijom njemačkih trupa u aprilu 1941 godine obustavljen je program “*Istraživanje zemnog ulja i plina u sjeveroistočnoj Bosni*” odnosno u tuzlanskom bazenu. Bušačke garniture i stručni kadar premješteni su u Gojilo kod Kutine i u Lendavu u Prekomurje, gdje je njemačka vojno-radna organizacija Toht vršila eksploataciju nafte. Tada već visoko stručni bušači Salko Hukić, Božo Marjanović, Joško Tomić i dr. mobilizirani su u njemačku vojsku i sa porodicama preseljeni u Gojilo a bušači strojevi s priborom kao garniture za istraživanje zemnog ulja i plina prebačene su u Lendavu. Tako je tuzlansko područje ostalo bez iskusnog stručnog tima za istraživanje nafte i plina.

NAFTNO - GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA U DRŽAVNO PLANSKOM SUSTAVU SFRJ (1945 - 1970)

Nakon drugog Svjetskog rata u Saveznom ministarstvu rudarstva formirana su >”**dva** državna **odele-
nja za istrage**”. Prvo je bilo “Odeljenje za istrage nafte, gasa i drugih ugljovodonika” a drugo je bilo “Ode-
ljenje za istrage urana i drugih nuklearnih sirovina”<. Istraživanja na naftu i plin u BiH nastavila su se u
sjevernoj Bosni na programima bivše Glavne direkcije poduzeća državnog monopola bez prethodno
geološki prognoziranih strukturno-tektonskog sklopa obodnog dijela Panonskog bazena. U Posavini,
Semberiji i užem tuzlanskom području kroz 25 godina, sve do 1970 godine istraživanja su se sastojala iz
izrada naftnih dubokih bušotina sa interpretacijom strukture svake pojedine bušotine u odnosu na poja-
vu nafte ili plina. U tom periodu izbušeno je preko 40 dubokih bušotina.

U Posavini, bušotine “Posavina”, (Po/1 do 3) dubine 1050 -1585 m; bušotina “Odžak” (O/1) dubine
1020 m kao i sedam ostalih bušotina, nabušile su flišne serije paleogena i gornje krede s tragovima bi-
tumena ali bez tragova nafte a od njih tri su nabušile eocenske slojeve sa tragovima nafte. Vrlo duboke
bušotine Brnik 3913 m i Obudovac 3296 m su izuzetno upotrebljive za definiciju naftno - geoloških ko-
lektora. One su locirane južnije od Šamca i Orašja u jednoj geološkoj subdepresiji i nabušile su naslage
kvartara, neogena, paleogena, gornje krede i trijaskih breča do donjotrijaski anhidrita. Zabilježene su
pojave teške parafinske nafte na više nivoa u paleogenim pješčenjacima, koji su slabe poroznosti i spadaju
u loše naftno - plinske kolektore.

U Semberiji vrijedno je spomenuti bušotinu “Bijeljina” (Bij/1) lociranu oko 4 km zapadno od Bije-
ljine. Nabušene su kvartarne, oligomiocenske i kredne naslage do srednje trijaskih vapnenaca na dubini
2480 m. Kroz sve nabušene slojeve nisu zapaženi tragovi nafte niti drugih ugljikovodika.

U užem tuzlanskom području koristeći staru dokumentaciju “*stručnog tima prvih bušača u potrazi
za naftom u Tuzli*”, poduzeće “Rudar” izradilo je dvije duboke istražne bušotine, Tuzla - Ravna Trešnja
(RT/1) dubine 1350 m i Tuzla - Mosnički potok (TU/1) dubine 3530 m. Obje bušotine nabušile su sve
tercijarne slojeve zatim i gornjokredne slojeve ali ni su zapažene pojave nafte niti drugih ugljikovodika
osim neznatnih tragova.

Danas se može konstatirati da su naftno - geološka istraživanja započeta 1934 godine na terenima
sjeveroistočne Bosne do 1970 godine bila zastupljena isključivo dubokim bušenjem terena a lokacije bu-
šotina određivane su nasumice bez prethodnih prognoziranih dubinskih geoloških struktura. No ipak se
je u više bušotina zapazila pojava teške parafinske nafte u razini eocenskih pješčenjaka i paleogenih sitno-
zrnih pješčenjaka. Međutim i pored izvedenih oko 70 bušotina nije se mogao definirati geološko - naftni
potencijalni prostor Sjeveroistočne Bosne. Sedamdesete godine svi podaci istražnih bušotina od 1934
godine do 1970 korišteni su za usvajanje suvremene koncepcije i metodologije geološko-naftnih istraži-
vanja. Godine 1970 izrađen je suvremeni program istraživanja za cijeli teritorij Bosne i Hercegovine.

NAFTNO - GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA U SAMOUPRAVNOM SUSTAVU TRŽIŠNE PRIVREDE SFRJ (1970 - 1992)

Geološko - naftna istraživanja u sjevernoj Bosni

Usvajanjem "Privredne reforme" u SFRJ 1965 godine ukinuta je "državna planska privreda" a uvedena je t. zv. "društveno samoupravna tržišna privreda" po kojoj su energenti: ugalj, nafta i plin izišli na tržište sa cijenama usklađenim prema svjetskim burzovnim kretanjima. Takva tržišna politika utjecala je na razvoj i proizvodnju domaćih energenata (ugljen) a naročito na razvoj naftne industrije.

Republike su samostalno razvile planove naftne industrije, nabavku nafte, preradu i prodaju naftnih derivata a republike Hrvatska i Srbija imale su i vlastitu proizvodnju iz domaćih resursa preko proizvodnih poduzeća "Naftaplina" u Moslavini, Podravini i Zapadnom Srijemu; i "Naftagas" u Vojvodini i Podunavlju. Republika BiH razvoj naftne industrije povjerila je udruženom preduzeću (koncernu) "Energoinvest"-u, koji je razvio preradu nafte u derivate u suvremenoj rafineriji poduzeća "Energonafta" u Bosanskom Brodu i proizvodnju motornih ulja u Modriči a distribuciju navedenih proizvoda u nabavno-prodajnom poduzeću "Energopetrol"-u. Sedamdesetih godina razvijen je Program plinifikacije grada Sarajeva i djela industrije u istočnoj Bosni, koji je uspješno ostvaren izgradnjom plinovoda od Zvornika do Sarajeva. Daljna plinifikacija gradova BiH je obustavljena na pritisak lobija proizvođača ugljena lignita za široku potrošnju.

U takvim okolnostima programiranje i izvođenje geološko-naftnih istraživanja potencijalnih područja i geoloških formacija povjereno je poduzeću Rafineriji nafte Bosanski Brod, Sektoru za istraživanje nafte i gasa. Udruženo poduzeće "Energoinvest" je istraživanja nastavilo kroz geološko-naftnu znanstveno - stručnu istraživačku politiku republike BiH prvenstveno u područje Sjeverne Bosne a zatim i u područje Dinarida. Bilo je potrebno izraditi suvremenu metodologiju kompleksnog istraživanja kako bi se prvo utvrdila dubinska geološka građa Sjeverne Bosne, točnije utvrditi dubinsku geološku građu područja od istočnih dijelova planine Majevica sve do zapadnih dijelova planine Kozare i Prosare. Metodologija se je sastojala ***iz strukturno-tektonskih i litofacijalnih istraživanja sa snimanjem detaljnih profila i strukturnih elemenata i izdvajanjem karakterističnih naftno potencijalnih strukturnih etaža i formacija.*** U tu svrhu prostor sjeverne Bosne bio je prekriven geodetskim premjerom i regionalnom seizmičkom mrežom profila za refleksno ispitivanje. Određen je gravimetrijski premjer sa oko 60 000 točaka i po potrebi detaljna gravimetrijska mjerenja radi svrsishodne obrade podataka. Predviđena su geomagnetska ispitivanja i geoelektrična mjerenja u skladu sa gravimetrijskim premjerom duž seizmičkih profila. Naknadno je 1987 godine ocijenjena potreba za aero-geomagnetskim premjerom čitavog područja Sjeverne Bosne. Zbog većinom neupotrebljivih podataka laboratorijskih ispitivanja iz dubokih bušotina urađenih prije 1970 godine ova metodologija predviđjela je i uzimanje uzoraka iz duboko-bušotinskih radova po suvremenoj metodi testiranja za specijalističke laboratorijske analize kao i rudarske istražne iskope za uzimanje uzoraka iz površinskih izdanaka tercijarnih stijena koje su ukazivale na naftno-plinske kolektorske stijene.

Ova suvremena istraživanja na području Sjeverne Bosne (Obodni dio Panonskog bazena - Sember-ski, Tuzlanski, Istočno-posavski, Brodsko-posavski bazen i područja Doboja, Lješljana i Bosanske Dubice) trebala su riješiti komplicirani zadatak:

1. Izdvojiti prostiranje naftno potencijalnih područja po horizontali i sklop tvorevina po vertikali uvjetno nazvane "Prva i Druga naftonosna etaža".
2. Eliminirati naftno neperspektivna područja.
3. Odrediti debljine tercijarnih slojeva kao "prve i druge strukturne etaže".
4. Odrediti metodologiju istraživanja naftno geološke potencijalnosti "treće strukturne etaže" mezozojskih i paleozojskih slojeva.
5. Geološki procijeniti rezerve nafte "prve i druge strukturne etaže" u Tuzlanskom, Majevičkom, Posavskom, i Semberskom bazenu.

Istraživanja su obustavljena 1992 godine zbog ratnih događanja i do danas nisu nastavljena. Tokom dvadeset godina terenskih radova vršena je detaljna interpretacija pojedinih profila i strukturnih elemenata kao i potencijalnih etaža i formacija ali je izostao završni elaborat kao sinteza ukupnih radova. Nikada nije Elaboratom izloženo konačno tumačenje izvedbenog stanja i smisao istražnih radova i objašnjenje rješenja zadatka po točkama, kao ni eventualni nastavak istraživanja.

Na temelju dvadeset godišnjih istraživanja i raspoloživog obima dokumentacije, u poduzeću "Energonafta" izvršena je **analiza izglednih (perspektivnih) područja i zastupljenih formacija u Sjevernoj Bosni** dok se ne uradi završni Elaborat. Analizom je izdvojeno četiri geološko-naftna moguća (potencijalna) područja u Sjevernoj Bosni i to:

1. - Tuzlanski bazen površine oko 25 četvornih kilometara. Procijenjene geološke zalihe nafte iznose oko 100 milijuna barela odnosno oko 14.5 milijuna tona.
2. - Majevički bazen -Loparska depresija, površine oko 21 četvorni kilometar u kojem su procijenjene geološke zalihe nafte na oko 85 milijuna barela što iznosi oko 12 milijuna tona.
3. - Bosansko -Šamačka Posavina I., okonturene površine od oko 22 četvorna kilometra sa procijenjenim geološkim zalihama nafte od oko 65 milijuna barela ili oko 9 milijuna tona.
4. - Posavina II jugozapadno od Orašja, okonturene površine oko 15 četvornih kilometara i procijenjenim geološkim zalihama nafte oko 110 milijuna barela ili oko 16 milijuna tona.

Osim četiri navedena potencijalna područja , analizom je izdvojeno niz od četrdesetak vrlo malih područja koje treba doistražiti.

U sjevernoj Bosni po OGK-i razvijene su tercijarne naslage, koje su transgresivne na krednim naslagama. To su paleogene i neogene naslage povezane u pojasu od sjeveroistočne Slovenije, preko sjeverne

Hrvatske i sjeverne Bosne do sjeverne Srbije. U tom prostoru svako na svojem području, Naftaplin iz Hrvatske i Naftagas iz Srbije djelomično eksploatiraju naftu i plin. U sjevernoj Bosni zastupljene su izgledne strukturne etaže i formacije tercijarnih i gornjo krednih naslaga. U Posavini je utvrđeno da se u flišnim serijama paleogena i gornje krede javljaju tragovi bitumena a u eocenskim pješčenjacima i oligomiocenskim klastičnim naslagama javlja se nafta i plin. U posavskoj i semberskoj depresiji utvrđeno je da se u paleogenim sitnozrnim pješčenjacima javlja teška parafinska nafta i da su te kolektorske naslage slabo porozne što otežava eksploataбилnost. Debljina potencijalne formacije tercijarnih naslaga kao “prve i drug naftno strukturne etaže” je različita po područjima. U tuzlanskom i majevičkom bazenu kreće se oko 4000 m, u posavskoj depresiji oko 3000 m a u depresiji Semberije do 2000 . Do sada ukupno procijenjene geološke zalihe nafte u Sjevernoj Bosni iznose oko 360 milijuna barela.

Geološko- naftna istraživanja u “ Dinaridima”

Novo osnovano poduzeće “Elektroprivreda BiH”, zatim Udruženo poduzeće “Energoinvest” i “Geološki zavod BiH” godine 1971 organizirali su interno >Savjetovanje o energetske potencijalima Bosne i Hercegovine<, koje je održano u Trebinju. Savjetovanje je radilo u tri sekcije. U prvoj sekciji su stručnjaci poduzeća “Elektroprivrede” raspravljali o hidroenergetskim potencijalima slivova rijeke Neretve, Trebišnjice i Vrbasa. U drugoj sekciji su stručnjaci “Energoinvesta” i Rudarsko-tehnološkog Instituta iz Tuzle raspravljali o termoenergetskim potencijalima ugljenih ležišta Gatačkog, Livanjsko-Duvanjskog, Bugojanskog i Ugljevičkog bazena. Treća sekcija je sa stručnjacima Geološkog zavoda BiH i Udruženog poduzeća “Energoinvest” raspravljala o strategiji istraživanja nafte i plina po znanstveno - stručnoj istraživačkoj politici republike BiH. Usvojeno je da se osuvremene metodologije istraživanja na geološkim osnovama “Osnovne geološke karte BiH”, koja je bila u završnoj fazi gotovosti i pripremala se za ediciju. Na Savjetovanju se je prvi puta definirao **Vardarsko-Dinarski geološki pojas (zona)** za identifikaciju naftnih potencijalnih formacija i strukturno-tektonskih odnosa, tako da su preporučena područja šireg pojasa “Dinarida” za istraživanje mezozojsko- kenozojskih formacija.

Početkom osamdesetih godina dvadesetog stoljeća postavljen je u Energoinvestu Idejni program geološko-naftnih istraživanja “ Dinarida” zajedno sa stručnjacima engleske tvrtke ECL - PETROLEUM TECHNOLOGIS odmah nakon prve naklade listova Dinarda “**Osnovne geološke karte (OGK) Bosne i Hercegovine**” Područje jugozapadne Bosne i Hercegovine za OGK-u BiH snimala je i interpretirala ekipa vrsnih geologa na čelu sa Dr Josipom Papešom. Utvrđeno je da se gotovo sve bore (tvorevine: sinklinale, antiklinale navlake i dr.) što izgrađuju Dinaride pružaju longitudinalno, paralelno s gorskim vijencima. Velika pažnja posvećena je mezo-kenozojskim tektonskim istraživanjima i sklopovima tvorevina Alpinida jer je u to vrijeme započet program istraživanja nafte i plina zagrebačke INE i talijanskog ENI-a u strukturama gornjeg Jadrana.

Realizacija navedenog Idejnog programa započeta je tek 1990 godine. Nositelj projekta realizacije bila je američko-kanadska tvrtka AMOCO - YUGOSLAVIA PETROLEUM CO Beograd, koja je operativu

smjestila u poduzeću ENERAGONAFTA Bosanski Brod koristeći geološko-naftnu dokumentaciju “*Fonda stručnih dokumenata*” i “*stručnjake istraživače u Sektoru za istraživanje nafte i gasa*. Stručnjaci tvrtke AMOCO proučavanjem geološke građe Dinarida prihvatili su preliminarni geološko naftni potencijal mezozojskih formacija u koje su projektirali istražne radove - refleksno seizmičke profile i točke magnetskog sondiranja - na širem i užem Dinaridskom potezu od Trebinja, Gacka, Nevesinja, Drežnice, Tomislavgrada, Livna do Glamoča. Istraživanja su bila predviđena u dvije faze. Prva faza sa četiri refleksno seizmička profila dala je podatke za preliminarnu analizu naftno-geološkog potencijala i redukciju nepotencijalnih prostora. Nakon analize tvrtka AMOCO je reducirala sjeverno područje Dinarida t.zv. Sarajevsko-Zeničko-Travnički bazen kao neperspektivni naftno-plinski prostor. Rezultati druge faze istraživanja sa devet refleksno seizmičkih profila i oko 45 točaka magnetsko-telurskog sondiranja trebali su izdvojiti naftno-geološke sklopove tvorevina mezozojskih formacija. Međutim ratni događaji 1992 godine omeli su dalju realizaciju AMOCO-vog projekta geološko naftnog istraživanja. Završni izvještaj o rezultatima druge faze istraživanja trebao je na osnovu pojedinih refleksno seizmičkih profila procijeniti naftno plinsku potencijalnost sklopova tvorevina, formacija i etaža i kao takav trebao je biti stručno revidiran od strane izvršnih vlasti Bosne i Hercegovine, kako bi se programirali radovi za nastavak geološko-naftnih istraživanja. Međutim “Završni izvještaj” nije objelodanjen i do revizije nije došlo tako da danas posjedujemo smo djelomične operativne analize pojedinih istraživanih profila. Posebno je interesantna operativna analiza refleksno seizmičkog profila Aržano - Bukova gora - Tomislavgrad - Luk - Ravno, po kojoj je predstavljen veći “kolektorski” sklop tvorevina na dubini od 4000 do 5000 m na području sjevernog pojasa planine Dinare u tomislavgradskom i livanjskom bazenu. Ova konstatacija znatno proširuje geološko-naftnu potencijalnost kod istraživanja mezozojskih i paleozojskih formacija u pojasu “Dinarida”.

Poslje II Savjetovanja geologa Bosne i Hercegovine održanog u studenom 2006 godine u Tesliću na kojem je iznijeta “Problematika nastavka naftno-geološkog istraživanja teritorije Bosne i Hercegovine” došlo je u stručnoj javnosti do različitih pogleda na dosadašnje rezultate naftno-geoloških istraživanja područja Sjeverne Bosne i područja Dinarida. Geološko-rudarski stručnjaci podijeljenog su mišljenja oko nastavka naftno-geološkog istraživanja. Jedni s pesimizmom gledaju u nastavak skupog istraživanja dok drugi bez potvrđenih podataka daju svoja nejasna optimistička gledišta. U mjesecu svibnju ove godine u dnevnoj štampi više uvaženih rudarskih stručnjaka simbolički su konstatirali da u “Dinaridima” konkretno u jugozapadnoj BiH kod Livna i Tomislavgrada postoje podzemne zalihe nafte *saudijsko-kuvajtskog reda veličina*. Ovakva neodređena i nerazumljiva izjava dovodi u zabludu opću javnost. Zna se da je stručna javnost upoznata sa činjenicom da je u tom području do sada izvršeno samo jedno jedino refleksno seizmičko ispitivanje na profilu od Aržana preko Tomislavgrada do Ravnog gdje je na dubini od 4000 do 5000 metar predstavljen veći sklop tvorevina porozno kolektorskih osobina interesantan za nastavak detaljnog geološko-naftnog istraživanja. Isto tako u tom području izbušena je samo jedna jedina duboka istražna bušotina kod Glamoča (G1-1) dubine 4200 m, koja je nabušila mezozojske formacije - kredne breče, vapnenačke i dolomitne naslage jure i trijask pješčenjake i porozne vapnence

- u kojima **nisu zapažene pojave ugljikovodika**. Stupanj istraženosti ne omogućava pouzdanu procijenu podzemnih zaliha nafte kao na primjer “*saudijsko-kuvajtskog reda veličina*” ali navedene izjave dobro su došle za pokretanje inicijative o nastavku naftno-plinskog istraživanja u “Dinaridima” gdje se je stalo radi ratnih događanja u BiH.

Republika BiH treba nastaviti istraživanja na bosansko- hercegovačkom području “Dinarida” dosad predviđenom metodologijom kako bi se izdvojile perspektivne naftne strukture i područja i utvrdila ne-perspektivna područja. Inače izjave o enormnim količinama zaliha nafte samo štete stručnim radnicima i eventualno budućim koncesionarima.

LITERATURA:

1. Ranko Pjanić i **Zašto čeka nastavak istraživanja nafte i gasa u BiH ?!**. I savjetovanje geologa BiH suradnici, Sarajevo - Kladanj 2004g.
2. Ranko Pjanić **Geology of the Dinarides and of the Vardar zone**. Monografija, Bos. Brod - Sarajevo 1990g.
3. Hamo Isaković **Termomineralna voda iz bušotine Slavinovići Sl-1** II.savjetovanje geologa BiH i suradnici, Teslić - Tuzla 2006 g
4. Dunja Aljinović **Vanjski Dinaridi Bosne i Hercegovine** RGN Zbornik Zagreb i II i suradnici Savjetovanje geologa BiH, Teslić - Zagreb 2002/ 2006 g.
5. Viktor Bobula **Kako smo radili!** Ina - Naftaplin Zagreb 1978g.
6. Godišnji izvještaji **Historijski podaci istraživanje nafte u Sj Bosni** Fond stručne dokumentacije Energoinvest - Energonafta

II.

IZ RUDARSTVA

DTL METODA ZA EKSPLOATACIJU PREOSTALIH REZERV PODINSKOG UGLJENOG SLOJA NA PK „KORITNIK II“ RMU „BREZA“ d.o.o. BREZA

SAŽETAK

U ovom radu prikazana je mogućnost eksploatacije preostalog dijela podinskog ugljenog sloja u blokovima K_1 , K_2 i K_3 u potpunosti površinskom eksploatacijom na PK „Koritnik II“ RMU „Breza“ d.o.o. Breza.

Ključne riječi: Eksploatacija, ugljeni sloj, otkrivka, transport

UVOD

Područje ležišta površinskog kopa “Koritnik II” se nalazi na samom “sjevero-istočnom” obodu Brezanskog basena neposredno ispred istoimenog sela.

Lokalnim seoskim putem područje “Koritnik” je povezan sa regionalnim putem Vareš-Podlugovi, a dalje sa putem prvog reda u Federaciji BiH, Sarajevo-Zenica. Također, lokalnim putem povezano je sa okolnim mjestima općine Breza.

Pored cestovnog saobraćaja, Općina Breza nalazi se na željezničkoj industrijskoj pruzi Vareš-Podlugovi. U Podlugovima povezuje se sa željezničkom prugom Sarajevo-Zenica-Doboj. U ranijem vremenu ovom željezničkom industrijskom prugom transportirao se ugljen do potrošača.

Sjeveroistočno područje bazenskog ugljenog bazena čini izdanačka zona glavnog i podinskog ugljenog sloja zvano “Koritnik”. Dio te uložene ugljene serije, koja je djelomično obrađena jamskom eksploatacijom moguće je danas eksploatirati površinskom eksploatacijom.

¹ Mr Sci. Ekrem Bektašević, dipl.inž.rud.,GPD„Krivaja-Gradnja“ d.o.o. Zavidovići

² Dr Sci. Izudin Bajrektarević, docent, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Tuzla

³ Jakov Konta, dipl.inž.rud., „Croex-trade“ d.o.o. Split

Rezerve uglja na području „Koritnik“ jednim dijelom su eksploatirane jamskim načinom u glavnom ugljenom sloju (period 1950 - 1954. god.), a najvećim dijelom površinskom eksploatacijom u period 1982 - 1991 u količini od 1 682 515 tona čistog uglja.

Zbog agresije na BiH radovi na tom lokalitetu su obustavljeni i ponovo su aktivirani 2001–2003 godine kada je eksploatirano 84 231 tona rovnog uglja.

Prikaz postojećeg stanja

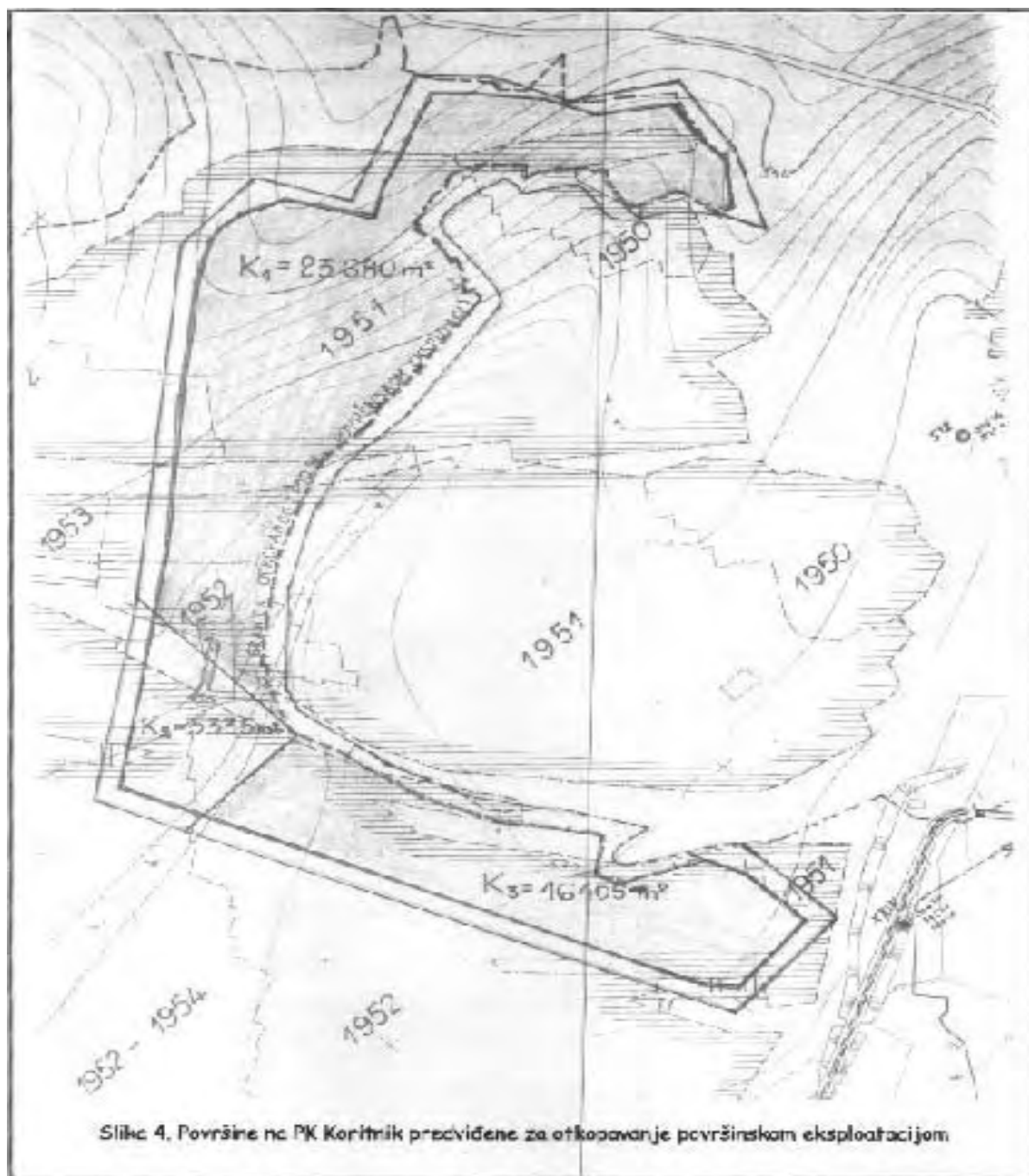
Preostala zona ležišta površinskog kopa „Koritnik II“ je ugljonosna zona u kojoj je razvijen „podinski“ ugljeni sloj u svojoj punoj moćnosti. Ova zona ležišta, kao i ostale zone, površinskog kopa „Koritnik II“ su složene geološke građe, prisutno je nekoliko manjih rasjeda, diskontinuiteta.

Struktura ležišta centralne zone je parketna sa manjim diskontinuitetima, odnosno rasjedima, zbog čega je podijeljena u blokove K_1 K_2 i K_3 (prostori između rasjeda).

Iz gore navedenih razloga, pristup eksploataciji ovog dijela ležišta, zbog specifičnih i složenih geoloških uvjeta, treba biti racionalan u pogledu sigurnosti, ekonomičnosti i rentabilnosti.

Ova zona geološki promatrano veoma je povoljna za vršenje eksploatacije uglja u blokovima K_1 K_2 i K_3 . Obzirom na ograničenost prostora preostali dio uglja u blokovima K_1 K_2 i K_3 je moguće eksploatirati površinskom eksploatacijom sa diskontinuiranim tehnološkim sistemom (DTL).

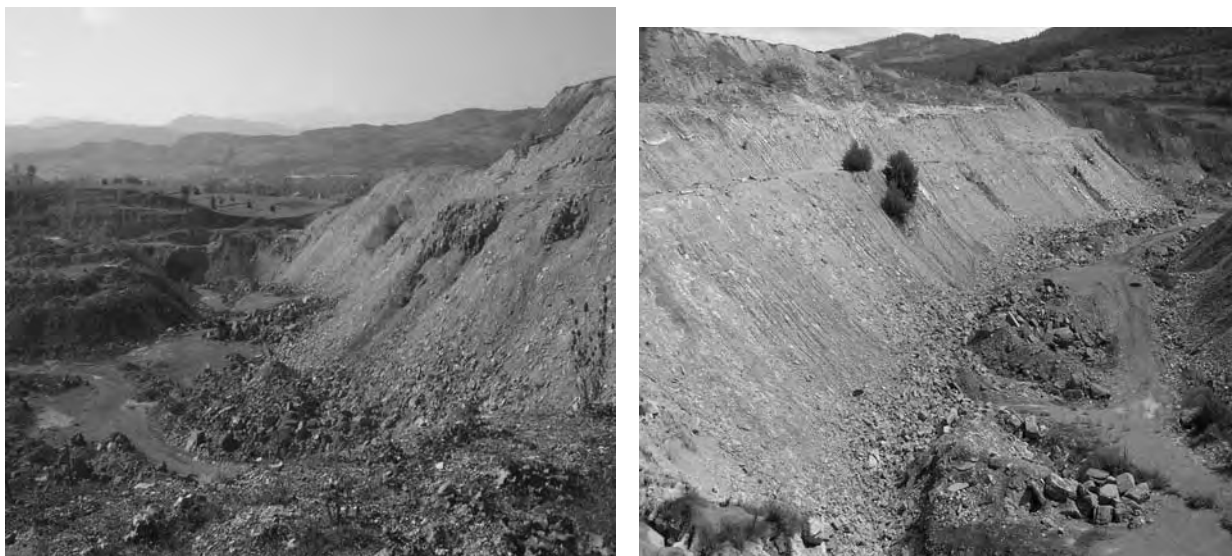
Diskontinuiranim tehnološkim sistemom (DTL) krajnje racionalno će se izvršiti uklanjanje otkrivke iznad ugljenog sloja i pripremiti za eksploataciju preostali dio ugljenog sloja u blokovima K_1 K_2 i K_3 . Rovni ugljen iz ove zone će se transportirati do separacije Rudnika „ Breza „ i poslije prema „Termoelektrani „ Kakanj“.



Slika br. 1. - Sjeverni i zapadni dio ležišta Koritnik sa označenim blokovima K1, K2 i K3

Sve količine jalovine će biti transportirane na ranije formirano unutrašnje odlagalište koje se nalazi neposredno uz zonu eksploatacije. Odlagalište je formirano u zoni gdje je ranije izvršena eksploatacija. Unutrašnje odlagalište ima mogućnosti, bez prethodne pripreme prostora, prihvatiti sve količine jalovine koje će trebati ukloniti iznad ugljenog sloja.

Na donjim slikama prikazano je postojeće stanje ležišta površinskog kopa "Koritnik II" sa njegove sjeverne, istočne i zapadne strane.



Slika br. 2 i 3 .- Sjeverni i zapadni dio ležišta „Koritnik II“ i sjeverni i istočni dio ležišta „Koritnik II“

GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PODINSKOG UGLJENOG SLOJA

U geološkom smislu PK “Koritnik” ima veoma povoljan položaj, nalazi se između sela Koritnik, Izbod i Kamenice. Sa glavnom komunikacijom Breza – Podlugovi, ovaj lokalitet je povezan seoskim putem dužine 2,1 km. Od separacije RMU „ Breza“ do PK “Koritnik” dužina je 3,0 km. Ležište ima oblik nepravilne elipse sa dužom osom u pravcu zapad – istok, širine maksimalno 330 metara i dužine maksimalno 250 metara.

Morfološko-hidrogeološke i klimatske prilike područja

U morfološkom pogledu teren pripada blagom brdovitom području sa najnižom kotom 559. m na jugozapadu i najvišom 850. m na sjeveru.

Klima čitavog brezanskog područja je umjereno-kontinentalna.

Maximalne prosječne padavine karakteristične su za mjesece: novembar, decembar i maj dok su minimalne mjesečne padavine u oktobru i februaru.

Najtopliji su mjeseci juni, juli i august dok je prosječno najhladniji mjesec januar.

Prosječne godišnje padavine iznose cca 800-900 mm taloga. Broj ledenih dana sa temperaturama ispod 0 stepeni Celzusa kreće se u prosjeku 30-40 dana.

U hidrogeološkom pogledu područje PK “Koritnik” je bezvodno. Jedino sa jugoistočne strane preko ležišta prelazi jedna jaruga koja se u vrijeme padavina pretvori u bujični. Inače teren je nagnut prema jugo-zapadu te postoje dobri uvjeti za gravitaciono odvodnjavanje.

Tektonske karakteristike ležišta

U tektonskom pogledu ležišta mrkog uglja Breza leži na mjestu gdje se ukrštaju rasjedi pravca SZ-JI i stok-zapad što uvjetuje stvaranje parketne strukture ležišta. Razlomljeni ugljeni slojevi razdvajaju se u različite veličine i oblike).

Terenskim istraživanjima, statističkom obradom podataka iz istražnih bušotina došlo se do zaključka da na ovom području postoje tri vrste rasjeda.

- Uzdužni rasjedi - koji dominiraju na ovom području pravac njihovog pružanja je SZ-JI tj. paralelni su pružanju slojeva u bazenu.

Skokovi ovih rasjeda su veoma veliki kreću se i do 200. m. Jedan od najznačajnijih rasjeda ove vrste je tzv. južna prelomnica Breze.

- Poprečni rasjedi su drugi po veličini skoka. Skokovi ovih rasjeda iznose preko 10. m. Pravac pružanja im je približan sjever-jug, predstavljaju velike prepreke pri otkopavanju.

- Dijagonalni rasjedi karakteriziraju se malim skokovima do 10. m. ali prave najviše probleme pri eksploataciji, zbog svoje učestalosti i nemogućnosti da se predvide.

Hidrološke karakteristike ležišta

U hidrogeološkom pogledu stijenske mase, koje učestvuju u građi ležišta “Koritnik” mogu se podijeliti na četiri grupe:

- prva grupa obuhvata stijenske izolatore iz podine podinskog sloja, gline, glinovite lapore i glinovite pješčare;
- druga grupa obuhvata ugljene slojeve (podinski i glavni) koji posjeduju izvjesnu pukotinsku poroznost malog obima, pa zbog toga ih svrstavamo kao stijene sa malom permeabilnošću;
- u treću grupu svrstavamo međuslojne krečnjačke lapore ($^1M_{1,2}$) i krovinske krečnjačke lapore ($^2M_{1,2}$), koji također posjeduju i stanovitu pukotinsku poroznost, pa su zbog toga slabo vodopropusni, nego malo više nego ugljeni slojevi.
- četvrta grupa konglomerati, pješčari i pjeskovite naslage oligomiocena sa funkcijom rezervoara i kolektora.

Hidrogeološke karakteristike ovih cjelina su slabo proučene i baziraju se na podacima koji su prikupljeni u toku bušenja i na temelju pojava opažanim u jamskim prostorijama Rudnika.

Podaci iz većine bušotina pokazuju da se ugljeni slojevi ponašaju kao relativno vodonepropusna ili slabo propustljiva sredina, odnosno kao nivo u kojem se gubi isplaka.

Pošto čista kompaktna ugljena masa predstavlja vodonepropusnu sredinu, uzrok navedenoj pojavi treba tražiti u prisustvu mikropukotina i vrlo čestih umetaka jalovine, odnosno, trošnih laporaca koji su pomiješani sa epigenetskom muljevito-pepelnom masom, koja ima dosta veliku pozornost.

Pored litoloških svojstava, važan faktor u formiranju hidrogeoloških režima produktivne serije, predstavljaju i strukturne karakteristike ležišta u odnosu na horizonte preko kojih ova serija leži.

Prateći u pravcu pada produktivne serije zatim njenoj zasječenosti u sjeveroistočnom obodu brezanškog područja i morfološkom nadvisivanju oboda u odnosu na produktivno područje, omogućeno je izvjesno kretanje podzemnih voda preko vodonepropusnih slojeva od sjeveroistoka ka jugozapadu. Kontinuitet kretanja vode često je prekinut sistemom rasjeda, zbog čega se prije može govoriti o posebnom hidrogeološkom režimu svakog tektonskog bloka.

Infiltracija i kretanje podzemnih voda duž granice slojevitosti može da dovede do većeg priliva vode naročito u zonama plitkog pojavljivanja ugljenog sloja.

Problem površinskih voda, također je lako rješiv. Jaruga na istočnoj i zapadnoj strani ležišta pune se vodom u vrijeme padavina. Obzirom na malo slivno područje (približno oko 0,5 km²), čak i pri maksimalnim dnevnim padavinama (oko 20 l/m²) ova jaruga bi propustila količinu oko 1.000 m³ za 24. sata, odnosno 41,6 m³/h, ne računajući nikakvo poniranje ni evaluaciju.

Inženjersko – geološke i geomehaničke karakteristike ležišta

U cilju sagledavanja inženjersko-geoloških i geomehaničkih karakteristika zaštitnih litoloških članova vršena su istražna geomehanička bušenja i inženjersko-geološko kartiranje jezgra bušotina.

Urađeno je pet geomehaničkih bušotina a raspored slojeva je:

- krovinski krečnjački lapori, mjestimično sa proslojcima sivih glina;
- glavni ugljeni sloj;
- međuslojni krečnjački lapori sa proslojcima glinovito - pjeskovitih lapora, pješčara i laporovitih glina;
- podinski ugljeni sloj;
- podinske gline i pjeskoviti lapori.

Sloj 1 - ovaj sloj izrađuju površinske smeđe, mjestimično crvenosmeđe i žute ilovače, koje su u površinskim dijelovima humificirane, te sive laporovite glina nastale degradiranjem lapora.

Sloj 2 - krovinu glavnog ugljenog sloja čine krečnjački lapori, kompaktni, veoma tvrdi, sive boje.

Sloj 3 - ovaj sloj predstavlja glavni ugljeni sloj brezanskog područja. Pored uglja, ugljevitih lapora i glina u ovoj sloj su uvrštene i partije neposredne krovine ugljenog sloja - lapori sa harama uglja (šarena ploča).

Sloj 4 - po litološkom sastavu ovaj sloj je veoma sličan sloju krovinskih lapora, s tom razlikom što sadrži više proslojaka laporovitih glina, glinovitih i pjeskovitih lapora i rjeđe pješčara.

Sloj 5 - Podinski ugljeni sloj slično glavnom sloju predstavlja skup slojeva uglja, ugljevitih lapora i glina. Razlikuje se od glavnog sloja nešto povećanim učešćem jalovih proslojaka.

Sloj 6 - ovaj sloj predstavlja neposrednu podinu i podinskog sloja. Izgrađen je od zelenih glina i sivobijelih pjeskovitih lapora.

U inženjersko-geološkom pogledu ispitivani teren je stabilan. Nisu registrirani suvremeni inženjersko-geološki procesi. Eventualno manje nestabilnosti pri eksploataciji mogu se očekivati na kontaktu kompaktnih lapora i laporovitih glina.

TEHNIČKO - TEHNOLOŠKA RJEŠENJA SA UKLAPANJEM U POSTOJEĆU DOKUMENTACIJU SISTEMA EKSPLOATACIJE

Radovi otkrivanja i eksploatacije ugljena na lokalitetu Koritnik II odvijali su se po DRP – Dopunski rudarski projekt površinske eksploatacije glavnog i podinskog ugljenog sloja „Koritnik II“ koji je izrađen marta 1983 godine. Radovi na eksploataciji dijela podinskog ugljenog sloja na PK Koritnik II za potrebe prodaje uglja, Termoelektrani Kakanj vršeni su u poslijeratnom periodu tokom 2001 i 2002 godine.

Razvoj rudarskih radova otkrivanja i eksploatacije podinskog ugljenog sloja dostigao je završno projektirano stanje. Dalja eksploatacija podinskog ugljenog sloja, uvjetovana je dodatnim geološkim istražnim radovima, u cilju dobivanja pouzdanih parametara koji će determinirati rudarsko-geološke uvjete za eksploataciju, kvantitet, kvalitet, a time i ekonomski parametar kroz odnos jalovinskih masa u otkrivanju i količina uglja za eksploataciju.

Tehnologija i mehanizacija kopanja i utovara, na sistemu površinske eksploatacije ležišta Koritnik II, prethodno prognozirana pa izabrana na osnovu obavljenih radnji :

- analize rezultata inženjersko-geološkog istraživanja ležišta i njegovih dijelova,
- analize geomehaničkih karakteristika stijena i njihovog kvaliteta pripreme za kopanje i utovar,
- analize specifičnog otpora kopanju stijene u masivu i miniranom masivu, sa analizom primjene pojedinih mašina,

- izboru mogućih tipova bagera i drugih mašina sa proračunom njihovih kapaciteta i projektiranjem tehnološke sheme njihovog rada (parametri blokova, otkopa,),
- tehničko-ekonomske ocjene primjene bagera, sa izborom tipa i tehnološke sheme njegovog rada,

Ovako studioznim i inženjersko-analitičkim pristupima karakteristikama ležišta Koritnik II, rezultiralo je odabirom tehnološkog procesa površinske eksploatacije ugljenog sloja, sa dva osnovna proizvodna procesa (podsistema):

- a) proizvodni proces otkrivanja, i
- b) proizvodni proces eksploatacije uglja.

Svaki od ova dva samostalna proizvodna procesa ima i svoje radno-operativne procese :

- 1) bušenje i miniranje (priprema radne sredine za bagerovanje),
- 2) bagerovanje (kopanje i utovar),
- 3) transport,
- 4) odlaganje,

iz čega slijedi i odgovarajuća struktura kompleksne mehanizacije (uvjetne oznake radnih procesa i mašina) :

- a) priprema stijena za kopanje i utovar – bušenje (**b**) i miniranje – rastresanje (**m**),
- b) kopanje i utovar (**u**) – hidraulični bager kašikar – **HB_k**
- c) transport (**t**) – kamionski transport – **K**,
- d) odlaganje – deponiranje (**o, d**) – buldozer – **Z**

pa šema strukture (diskontinuirane tehnološke linije – DTL) kompleksne mehanizacije za sistem površinske eksploatacije kao i za ovaj lokalitet ležišta Koritnik II, naslovljenog projekta je :

$$b - m - HB_k - K - O$$

Ova struktura je usvojena i primijenjena u tehnološkim procesima koji su obrađeni u sistemu površinskog kopa, i sadržaj je tehničke dokumentacije koja je odobrena za praćenje eksploatacije ležišta Koritnik II.

Znakovna šema strukture kompleksne mehanizacije prema raspoloživoj opremi, popunjena sredstvima po operacijama, izgleda ovako :

b - buđenje (samohodna rotaciona buđaša garnitura– 1 komad sa " 78 – 105 mm),

m - miniranje (AN-FO eksplozivi, NON-el. sistem povezivanja i paljenje sa RK-8)

HB_k - bagerovanje (hidraulični bager– 2 komada, zapremina kašike V – 2,0 - 3,0 m³),

K - kamionski transport (kamionski transport jalovine 5 – 6 komada nosivosti 25 30 tona, kamionski transport uglja, 3– 4 komada nosivosti 25 - 25 tona),

O - planiranje na deponiji (buldozer tipa CAT D8L – 1 komad ili tipa TG 170B – 1 komad) i ostala prateća oprema koja je na indirektnim operacijama usluge.

Tehnološki procesi površinske eksploatacije na podsistemima otkrivanja i eksploatacije uglja, kao i pojedini proizvodni procesi organizirani su kao ciklični – diskontinuirani.

Diskontinuirana tehnologija otkrivanja i eksploatacije uglja

Diskontinuirana tehnologija otkrivanja i eksploatacije podinskog ugljenog sloja u blokovima K₁, K₂ i K₃, sastoji se iz pet radnih procesa

- I. bušenje,
- II. miniranje,
- III. bagerovanje,
- IV. transport, i
- V. deponiranje (planiranje, odlaganje).

Diskontinuirani proizvodni proces (ciklični), karakteriziraju ponavljanja pojedinih radnih procesa, ili operacija (ciklusa), s povremenim prekidima zbog neodgovarajućeg obima rada i vremena.

U sistemu eksploatacije, ili tehnološkim procesima površinske eksploatacije, podsistem otkrivanje (tehnološki proces), po obimu radova i količini opreme nekoliko puta prelazi eksploataciju ugljena.

Po osnovu toga, i osnovni pokazatelji sistema eksploatacije, pravac i tempo napredovanja rudarskih radova u planu i po dubini, kao i osnovni elementi sistema, radna etaža, zahvati, radne površine, otkopni usjeci odlagališta, prilagođeni su podsistemu otkrivanja.

Ovo je determiniziralo strukturu kompleksne mehanizacije, koja je osnovni sadržaj tehnologije površinske eksploatacije.

Izbor opreme

Strukturu opreme potrebne za izvođenje radova na površinskom kopu Koritnik II sa diskontinuiranim (cikličnim) tehnološkim procesom otkrivanja sačinjavaju :

a) glavna (osnovna) oprema

- bušilica (samohodna rotaciona buđaa garnitura – 1 komad sa " 78 – 105 mm),
- hidraulični bager (hidraulični bager– 2 komada, zapremina kašike V – 2,0 - 3,0 m³),
- utovarivač (utovarivač – 1 komad, zapremina kašike V - 3,0 m³),
- kamion (kamionski transport jalovine 5 – 6 komana nosivosti 25 – 30 tona,
(kamionski transport uglja, 3– 4 komada nosivosti 20 - 25 tona),

b) pomoćna oprema

- buldozer (buldozer tipa CAT D8L – 1 komad ili tipa TG 170B – 1 komad)
- greder (greder tipa CAT 14 E – 1 komad ili tipa FIAT – HITACHI – 1 komad)

Radnu sredinu – krovinske naslage glavnog ugljenog sloja (paketa) za tehnološki proces bagerovanja (kopanje i utovar), potrebno je pripremiti – bušenjem i miniranjem, optimalno granulirati za utovar u transportna sredstva. Po potrebi, a na osnovu geomehaničkih karakteristika ista operacija pripreme za bagerovanje vrši se i za ugljeni sloj (paket).

Krovinske naslage – jalovina otkopavat će se bagerima u etažama visine **10 m**, sa uglom radne kosine od $\alpha = 70^0$, otkopom u bloku koji je uzdužan na pravac pružanja ugljenog sloja.

Utovar jalovinskih masa vršit će se hidrauličnim bagerima ili utovarivačima, direktno u transportna sredstva – kamione, a utovar uglja direktno u kamione za transport uglja .

Jalovinske mase (iz krovnih naslaga) u iznosu $Q_{otk} = 2\,430\,295\text{ m}^3$ č.m. će se transportirati kamionima a odlagat će se u otkopni prostor unutrašnjeg odlagališta iz prethodnog eksploatacionog zahvata, i vanjskog odlagališta u cilju rekultivacije. Planiranje jalovinskih masa, održavanje pristupa odlagalištima vršit će se buldozerom ili utovaračem.

Eksploatacija uglja vršit će se diskontinuiranim tehnološkim procesom, bagerovanje hidrauličnim bagerom, transport kamionima nosivosti **N = 30 – 35 t** do separacije (RMU Breza), gdje se dalje vrši tretman ugljenih masa do nomenklaturne izlazne forme za prodaju (tržište) prema Termoelektrani Kakanj.

3.2. Obrada blokova K1 , i K2, diskontinuiranim tehnološkim procesom

Obrada lokaliteta – Koritnik II, blokovi K_1 , i K_2 , sistemom površinske eksploatacije, kao otkrivanja i eksploatacije uglja, biće diskontinuiranim tehnološkim procesom, koji je podijeljen u nekoliko faza :

- a) *faza I – otvaranje*
- b) *faza II – razvoja*
- c) *faza III – završna*

I Faza - Otvaranje (nastavak radova) površinskog kopa Koritnik II

Za otvaranje odnosno nastavak radova na površinskom kopu Koritnik II neophodno je izraditi odnosno ostvariti transportnu vezu između radnih etaža otkrivke i unutrašnjeg odlagališta. Izrada transportne veze će se vršiti sa sjeveroistočne strane. Otvaranje će se izvesti otvaranjem pristupnog puta zasjecanjem širinom 10 – 15 metara u zavisnosti od konfiguracije terena sa napredovanjem u pravcu sjeverozapada odnosno uzdužan po pružanju ugljenog sloja. Otkopavat će se bagerima u etažama visine 10 m, sa uglom radne kosine od $\alpha = 70^\circ$, otkopom u bloku koji je uzdužan na pravac pružanja ugljenog sloja. Na sličan način sa pristupnog puta uz maksimalni nagib od 5 % sa napredovanjem po pružanju ugljenog sloja će se otvoriti i ostale etaže. Pravac napredovanje fronta radova radnih etaža otkrivke i ugljena je prema sjeveru.

Kod istovremenog rada u više etaža treba voditi računa da napredovanje donjih etaža treba da prethodi napredovanju gornjih etaža, i širina radne etaže ne smije biti manja od minimalne širine radne etaže 15 metara.

Kada napredovanje gornjih etaža (pravac fronta napredovanja je prema sjeveru), sa minimalnom širinim radnih etaža od 15 metara, širine radne etaže veći od 30 metara može se pristupiti produbljivanju odnosno otvaranju slijedeće etaže. Na isti način sa napredovanjem gornjih viših etaža i stvaranjem prostor širine radne etaže veći od 30 metara može se pristupiti produbljivanju odnosno otvaranju etaže do krovine podinskog ugljenog sloja.

II Faza - Razvoja rudarskih radova površinskog kopa Koritnik II

Razvoj rudarskih radova kod otvorenih etaža će se vršiti u dva blago zakrivljena pravca napredovanja otkopnog fronta, u pravcu sjeveroistoka i sjeverozapada do krovine podinskog ugljenog sloja. Težište razvoja rudarskih radova u II fazi je usmjereno u pravcu sjeveroistoka do završne kosine.



Slika br. 4 - Prikaz razvoja kopa druge faze

Kod istovremenog rada u više etaža stalno treba voditi računa da napredovanje donjih etaža treba da prethodi napredovanju gornjih etaža, i širina radne etaže ne smije biti manja od minimalne širine radne etaže 15 metara.

Humusni materijali otkrivke će se transportirati na vanjsko odlagalište (u cilju korištenja humusa za rekultivaciju).

Radovi na eksploataciji podinskog ugljenog sloja u II fazi će se vršiti sa sjeveroistočne strane odnosno u pravcima razvoja rudarskih radova na otkrivci.

III Faza - Završni rudarskih radova površinskog kopa Koritnik II

Težište razvoja rudarskih radova u III fazi je usmjereno u pravcu sjeverozapada do završne kosine. U ovoj zoni podinski ugljeni sloj zaliježe nešto niže nego u istočnoj zoni.

Radovi na eksploataciji podinskog ugljenog sloja u III fazi će se vršiti sa sjeveroistočne strane odnosno u pravcima razvoja rudarskih radova na otkrivci. Transport uglja vršit će se kamionskom trasom preko unutrašnjeg odlagališta a zatim lokalnim asfaltnim putem do separacije u krugu Rudnika mrkog uglja Breza.

Količine direktne otkrivke , rovnog ugljena kao i koeficijent eksploatacije u III fazi predstavljen je u slijedećoj tabeli.

Tabela 1. - Količine direktne otkrivke, rovnog ugljena kao i koeficijent eksploatacije u III fazi

DISKONTINUIRANI TEHNOLOŠKI PROCES (DTL)						
Faza rada	Direktna otkrivka (m ³ čm)	Rovni ugalj (tona)	K _{ex} (m ³ čm / tona)	Razmještaj ukupne otkrivke po objektima odlaganja		Ukupno
				Unutrašnje (otkopni prostor) (m ³ čm)	Vanjsko (privremeno u cilju rekultivacije) (m ³ čm)	
I	275 430	73 326	3,75	244 570	30 860	275 430
II	1 012 565	227 800	4,45	942 565	70 000	1 012 565
III	1 142 300	164 737	6,93	1 080 300	62 000	1 142 300
UKUPNO	2 430 295	465 863	5,22	2 267 495	162 800	2 430 295

ZAKLJUČAK

Imajući u vidu ekonomski značaj uglja za uže i šire područje Zeničko dobojskog kantona i Federacije BiH te činjenicu da najveći dio radne snage na području općine Breza zapošljava Rudnik mrkog uglja “Breza”, te da je izražena potreba za ugljem u Termoelektrani Kakanj, izvršeno je otvaranje ovog površinskog kopa.

U ovom dijelu ležišta ekonomski efekti bi trebali, prema tehno-ekonomske analize preostalih rezervi podinskog ugljenog sloja u blokovima K₁ K₂ i K₃, da imaju značajnog udjela u ostvarivanju prihoda i privrednog napretka rudnika mrkog uglja “Breza”.

LITERATURA

1. Dr. Nemanja Popović, dipl. ing. rud. “Naučne osnove projektovanja površinskih kopova”, Sarajevo 1984 godine
2. Dr. Dražan Đukić, dipl. ing. Rud. “Geomehanika u površinskoj eksploataciji”, Tuzla 1984. godine
3. Prof. Milovan Antunović-Kobliška “Opšti rudarski radovi”, Beograd 1973. godine GLAVNI RUDARSKI PROJEKAT – Površinska eksploatacija glavnog i podinskog ugljenog sloja istočnog istražnog područja „ Koritnik „Rudarski institut Tuzla, Sarajevo – april -1982 godine,
4. Elaborat – Klasifikacija, kategorizacija i proračun rezervi I podinskog sloja na području „ Koritnik „Rudnik mrkog uglja „ Breza „Breza juli 2007 godine
5. IZVJEŠTAJ – o inženjersko geološkim i geomehaničkim istraživanjima na lokaciji površinskog kopa „ Koritnik „ kod Breze - Geoinženjering – Sarajevo 1982 godine

IDEJNO RJEŠENJE EKSPLOATACIJE TEHNIČKO-GRAĐEVNOGA KAMENA NA PODRUČJU RAŠKE GORE

UVOD

Osnivači gospodarskoga društva “KAMEN DENT” d.o.o. Mostar su se, nakon snimanja tržišta i njegove marketinške obrade, odnosno ispitivanja mogućnosti plasmana na tržište robe koja se dobije od tehničko-građevnog kamena, odnosno frakcija koje se dobiju procesima drobljenja, mljevenja i klasiranja raznih veličina zrna i različitoga granulometrijskoga sastava, odlučili za eksploataciju i preradu tehničko-građevnog kamena. Budući da se gospodarsko društvo bavi eksploatacijom i preradom prirodnog kamena, steklo je u ovoj branši zavidno iskustvo i dobre poslovne veze u inozemstvu i tuzemstvu. U svojim poslovnim planovima predvidjeli su i eksploataciju i preradu tehničko-građevnog kamena, odnosno eksploataciju rovnog kamena i primarnu preradu na području Raške Gore.

U tu svrhu su obavili geološku prospekciju više lokaliteta i izabrali lokalitet Raške Gore u neposrednoj blizini sela Sirge koji ima izrazito bijelu boju, a prema kakvoći je ocjenjen povoljnim za proizvodnju raznih punila.

ZEMLJOPISNI POLOŽAJ, HIDROGRAFSKE ZNAČAJKE I KOMUNIKACIJE

Stanovništvo se na ovom području, uglavnom bavilo ekstenzivnom stočarstvom kao dopunskim zanimanjem, dio stanovništva je radio u državnim ustanovama i državnim gospodarskim društvima. Stanovništvo se iz ovih krajeva oduvijek iseljavalo u veće centre prvenstveno u Mostar, kako bi osiguralo bolji život i sebi i svojim potomcima.

Prodorom tržišnog gospodarstva državna gospodarska društva, uglavnom nisu uspjela opstati tako da je i veliki dio djelatnika ostao bez posla. Na području Mostara je “nikao” određen dio privatnih gospodarskih društava, međutim to nije dovoljno da bi uposlilo sve neuposlene stanovnike. Određeni doprinos smanjenju neuposlenosti pridonijet će i ovaj površinski kop.

Lokalitet pripada području općine Mostar i smješteno je sjeverozapadno od Mostara na udaljenosti oko 11 km.

Povoljni klimatski uvjeti omogućuju eksploataciju tijekom cijele godine, osim u kratkim periodima i ponekim godinama kada padne snijeg. Ležište "Raška gora" se odlikuje tipičnim kraškim oblicima.

Geomorfološki karakter, užega i širega područja ležišta, nesumnjivo ukazuje da je osnovu u oblikovanju reljefa dala tektonika, odnosno da je ona bila dominantni čimbenik, posebno neotektonska pozitivna ili negativna kretanja blokova zemljine kore. Tako inicirano stvaranje kraških oblika nastavlja se oblikovanjem pod utjecajem vanjskih agensa (kiša, led, sunce...). Ispucali vapnenci postaju veoma pododban materijal za djelovanje površinskih voda čijim djelovanjem se obavlja njihovo razaranje. Procesom okršavanja formiraju se humci i vrtače koji su orijentirani po određenim pravcima, pa ponekad, kada se križaju, grade neku vrstu mreže sastavljene iz kupastih uzvišenja i tanjurastih udubljenja.

Tragovi površinskih voda tekućica i njihovoga razaračkoga djelovanja manifestiraju se u vidu škrapa koje se spuštaju poput kakvih mlaznica niz vapnenačke stijene. Veće pukotine izložene razaranju i širenju postupno se zapunjavaju crvenicom uz prisustvo ilovače, pa se u takvim proširenjima nešto duže zadržava voda, a zatim i vlaga koja sa humusnom kiselinom ubrzava razaranje vapnenaca. To su obično tektonske pukotine kojima je inicirano stvaranje vrtača.

PROJEKT EKSPLOATACIJE

Izbor i proračun konstruktivnih elemenata eksploatacije

Na osnovi minimalne širine berme (B), visine etaže (H), etažnoga radnoga nagiba površinskoga kopa (α), odredit će se grafički.

Uz respektiranje dubine kopa, nagiba slojeva i vrste stijena, izračunati su i usvojeni slijedeći kutovi:

Radni elementi završne i radne kosine iznose:

Radna kosina etaže

$$\alpha = 73,30^{\circ}$$

Nagib završne kosine kopa od podnožja zadnje etaže do podnožja prve etaže iznosi

$$\beta = 51,34^{\circ}$$

Nagib završne kosine kopa od podnožja zadnje etaže do vrha prve etaže ovisan je od dubine kopa i iznosi

$$\beta = 73,30^{\circ} \text{ (za } H = 10 \text{ m)} \text{ do } \beta_1 = 55,01^{\circ} \text{ (za } H = 50 \text{ m)}$$

Širina berme iznosi

$$B = 5,0 \text{ m}$$

Visina etaže iznosi

$$H = 10,0 \text{ m}$$

Bušenje i miniranje

Izbor tehnologije bušenja i miniranja uvjetovano je visinom etaže, nagibom etaže i veličinom komada miniranoga materijala.

Bušenje dubokih minskih bušotina za masovna miniranja izvodit će se:

- Bušačom garniturom Ingensoll Rand,
- Kompresorom Ingensoll Rand,
- Bušaće krune pojačane vidija pločicama promjera $\varnothing 76 \text{ mm}$.

Za potrebe sekundarnoga miniranja ili usitnjavanja prevelikih komada odminirane stijenske mase rabit će se bušači čekić RK – 21 ili će se preveliki komadi usitnjavati naljepljenim minama, popularno nazvanim “blatarima”.

Minske bušotine će se puniti eksplozivom tipa Amonal V i Amonal pojačani, s promjerom patrone $\varnothing 60 \text{ mm}$, a sekundarno miniranje istim tipom eksploziva ili “sekundarnim minama”.

Određivanje parametara bušenja i miniranja

Promjer minske bušotine

Usvaja se promjer minske bušotine $\varnothing 76 \text{ mm}$, zbog uobičajenoga pakiranja eksplozivnih sredstava u patrone od $\varnothing 60 \text{ mm}$.

Za eksplozive u patronama $\varnothing 60 \text{ mm}$ + detonirajući štapin i zbog izbjegavanja kanalnoga efekta, usvaja se gore navedeni promjer minske bušotine.

Rastojanje među bušotinama

$$a = K_1 \times K_2 \times I_{sr} = 2,5 \times 4,0 \times 0,27 = 2,7 \text{ m}$$

K_1 - Koeficijent odnosa srednjega i maksimalnoga komada u miniranoj masi (2,5)

K_2 – Koeficijent odnosa maksimalnoga komada i rastojanja između bušotina (4,0)

I_{sr} – linearna veličina srednjega komada (0,27)

Linija najmanjega otpora

$$m = a/W$$

$m = 1,0$ – vrijednost koeficijenta zbliženja

$$W = a / m = 2,7/1,0 = 2,7 \text{ m}$$

Linija najmanjega otpora iznosi $W = 2,7 \text{ m}$, a eksploatacijskim radovima i stalnim praćenjem parametara miniranja, vrijednost će se provjeriti i korigirati.

Rastojanje između redova

$$b = K \times W = 0,93 \times 2,7 = 2,51 \text{ m} - \text{usvaja se } 2,5 \text{ m}$$

$K = 0,93$ – određen prema visini etaže i liniji najmanjega otpora

Nagib bušotine

Na formiranim etažama, miniranje će se izvoditi pomoću minskih bušotina izbušenim pod kutom od $70^{\circ} - 75^{\circ}$ prema horizontali (izračunat $73,30^{\circ}$)

Duljina minskih bušotina

Kod etažnoga miniranja duljina minskih bušotina uvjetovana je visinom etaže, geološko-petrografskim uvjetima i fizičko-mehaničkim svojstvima radne sredine. Da bi dobili projektiranu visinu etaže, potrebno je bušiti dublje od visine etaže.

Probušenje bušotine ispod nivoa etaže

$$L_p = p \times W = 0,22 \times 2,7 = 0,59 \text{ m}$$

Usvaja se probušenje od $0,60 \text{ m}$.

p – koeficijent probušenja ($0,22$)

Ukupna dubina bušotine iznosi

$$L = H/\sin\alpha + L_p$$

$$L = 10/\sin\alpha + 0,6 = 11,4 \text{ m}$$

$$L = 11,4 \text{ m}$$

Duljina čepa minske bušotine

Minimalna duljina čepa po Langeforsu iznosi:

$$L_{\xi} = 0,9 \times W = 0,9 \times 2,7 = 2,43 \text{ m}$$

Usvaja se duljina čepa od 2,5 m.

Specifična potrošnja eksploziva

Prema formuli Laresa specifična potrošnja eksploziva iznosi:

$$q = (q_1 \times s \times v \times e \times d) / g, \text{ kg/m}^3$$

q_1 – koeficijent čvrstoće stijene

s – koeficijent sklopa stijenske mase

v – koeficijent stiješnjenosti mine

e – relativna snaga eksploziva

d – koeficijent začepljenosti mine

g – gustoća eksploziva

Za Amonal pojačani

$$g = 1,10$$

Za Amonal V

$$g = 1,03$$

$$q_1 = (0,8 \times 0,44 \times 0,95 \times 1,23 \times 0,87) / 1,10 = 0,32$$

za Amonal pojačani

$$q_1 = (0,8 \times 0,44 \times 0,95 \times 1,20 \times 0,87) / 1,03 = 0,34$$

za Amonal V

Prosječna specifična potrošnja

$$q = (0,33 + 0,34) / 2 = 0,34 \text{ kg/m}^3$$

Volumen minirane mase po jednoj bušotini

$$V = a \times W \times (H / \sin \alpha), \text{ m}^3/\text{bušotini}$$

$$V = 2,7 \times 2,7 \times (10 / \sin \alpha) = 78,88 \text{ m}^3/\text{bušotini}$$

Izdašnost bušenja

$$78,88 / 11,4 = 6,9 \text{ m}^3/\text{m}$$

Usitnjavanje prevelikih komada

Primarnim miniranjem se zahtjeva, da minirana masa ima odgovarajući granulometrijski sastav, da bude sukladna s odabranim utovarno–transportnim sredstvima i da zadovoljava granulometrijski sastav koji može primiti ušće drobilice za primarno drobljenje.

U ovom projektu su izabrani i izračunati optimalni parametri da bi se dobila povoljna granulacija odminiranoga materijala, sigurnost prilikom obavljanja radova na miniranju i optimalna ekonomičnost navedenih radova. Točnu matematičku procjenu granulometrijskoga sastava kod miniranja na površinskom kopu nije moguće obaviti.

Međutim, obzirom na nepredvidivost i iznenađenja u stijenskom sklopu u svakom minskom polju se dobije jedan dio minirane mase koji ne zadovoljava postavljene zahtjeve, odnosno u svakom minskom polju se dobije jedan dio minirane mase koji prelazi zadane gabarite, pa je taj dio stijenske mase potrebno dodatno usitniti, odnosno sekundarno minirati.

Postupak naknadnoga usitnjavanja se može obaviti na tri načina, a to su:

1. Miniranje naljepljenim minama;
2. Sekundarno miniranje plitkim minskim bušotinama i
3. Usitnjavanje hidrauličnim čekićem, montiranim na bager.

U ovom dijelu projekta, obradit će se usitnjavanje prevelikih komada odminirane stijenske mase.

Sekundarno miniranje naljepljenim minama

Eksplziv sa udarnom patronom se stavi na komad koji je potrebno usitniti, a zatim se pokrije s glinom, pijeskom, ili nekim drugim materijalom i aktivira. Nedostatak ovakvoga načina je veliko rasipanje snage eksploziva, jer se veći dio energije gubi u vidu zračnoga udarnoga vala i jakoga praska. Da bi se to izbjeglo mogu se rabiti mine specijalno izrađene za sekundarno miniranje sa usmjerenim djelovanjem na principu kumulativnoga efekta, a tvornica “KAMNIK” ih proizvodi pod nazivom “Sekundarne mine”, pod slijedećim oznakama:

- | | |
|-------------|---------------------|
| - SM – 250 | količina 250 grama |
| - SM – 500 | količina 500 grama |
| - SM – 1000 | količina 1000 grama |

Veličina sekundarnih mina ovisi o volumenu bloka, a određuje se iskustveno.

Prednosti ovakvoga načina miniranja jesu:

- Ušteda vremena, jer nema bušenja minskih bušotina;

- Neznatno razbacivanje komada;
- Niži troškovi usitnjavanja.

Nedostatci ovakvoga načina miniranja jesu: stvaranje snažnoga zračnoga vala i pojava jakoga zvuka, pa se ne preporučuje u blizini naseljenih mjesta.

Sekundarno miniranje plitkim minskim bušotinama

U komadu kojega treba usitniti miniranjem, izbuši se bušotina promjera $\varnothing 32$ u koju se smjesti eksplozivni naboj. Duljina minske bušotine ovisi od volumena komada i određuje se pomoću formule:

$$l_b = \sqrt[3]{V/2}, \text{ m}$$

Za proračun duljine minske bušotine uzima se da treba usitniti komad odminirane stijenske mase veličine 3 m^3 .

V – volumen komada, m^3

$$l_b = \sqrt[3]{3/2}, \text{ m}$$

$$l_b = 0,72, \text{ m}$$

Budući da se u dominiranom materijalu ne očekuju komadi veći od 3 m^3 , za proračun potrošnje eksplozivnoga punjenja uzima se da treba usitniti komad stijene volumena od 3 m^3 .

$$Q_b = q \times V_k, \text{ kg}$$

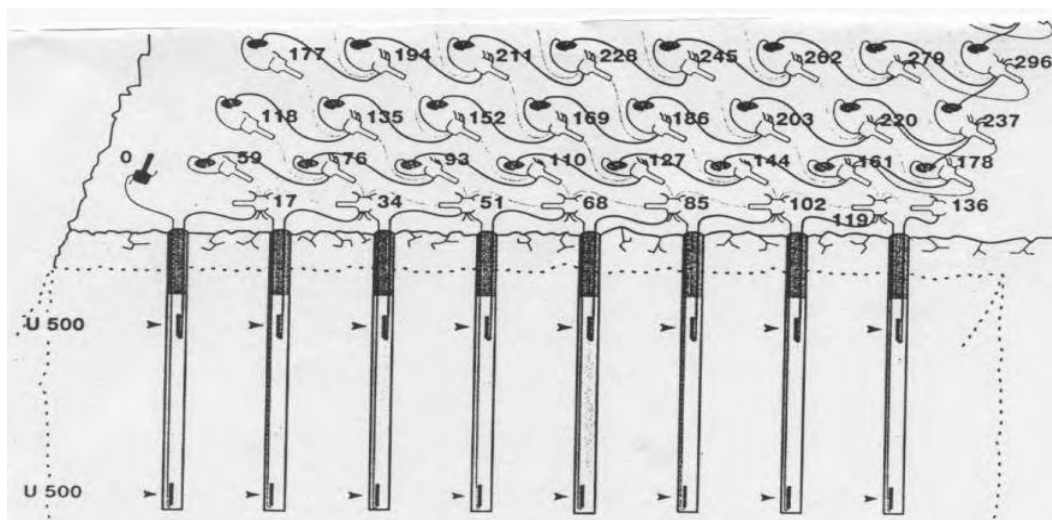
q – specifična potrošnja eksploziva

V_k –volumen komada za usitnjavanje

$$Q_b = 0,08 \times 3,0, \text{ kg}$$

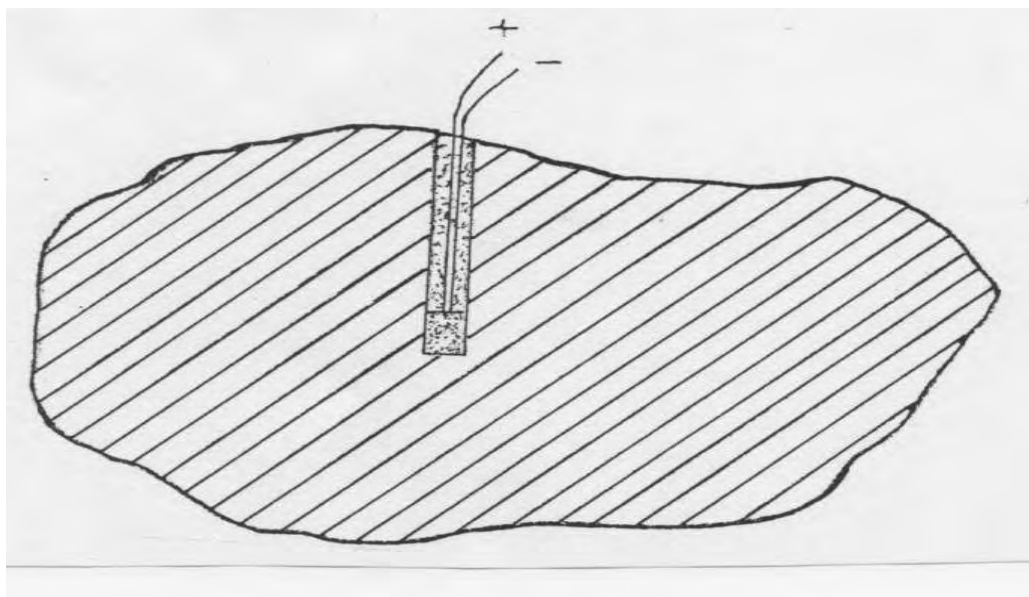
$$Q_b = 0,24 \text{ kg}$$

Prednosti ovakvoga načina miniranja jesu: mala potrošnja eksploziva i relativno slabiji zračni udarni val, a nedostatak je veće razbacivanje komada stijene.



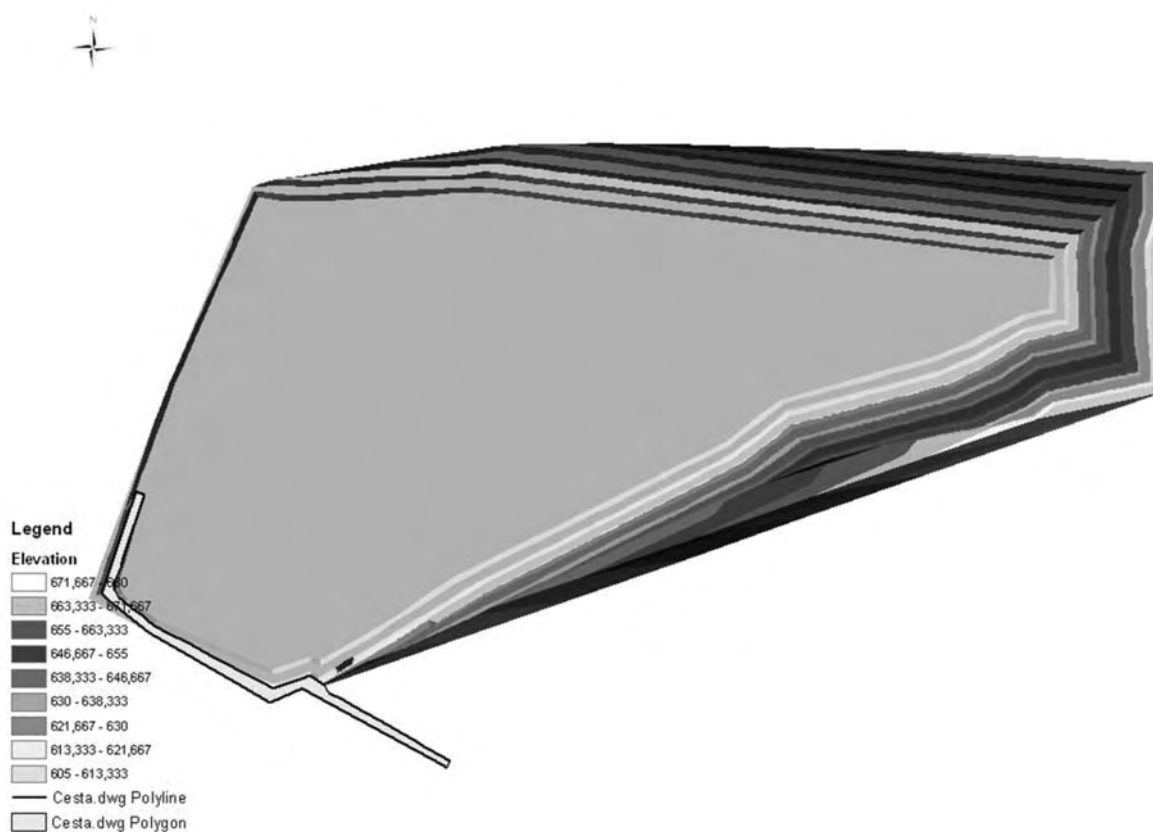
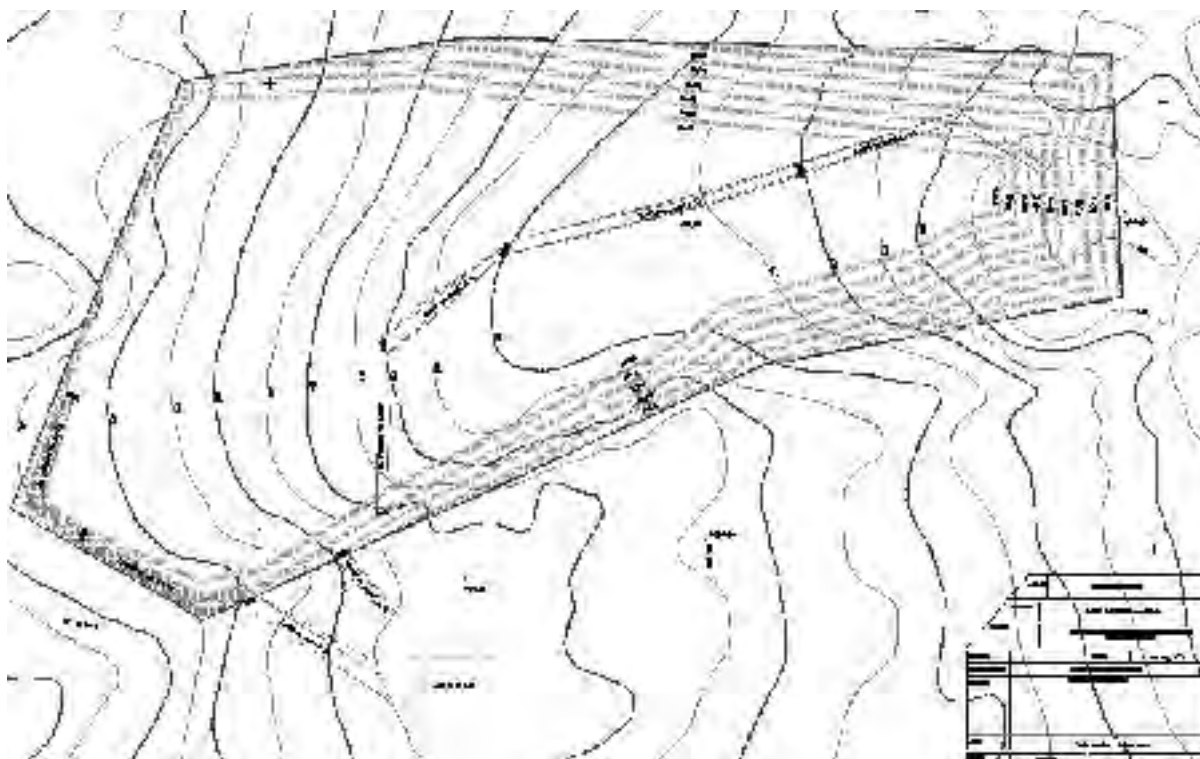
Shema minskog polja

Usitnjavanje prevelikih komada naljepljenim minama

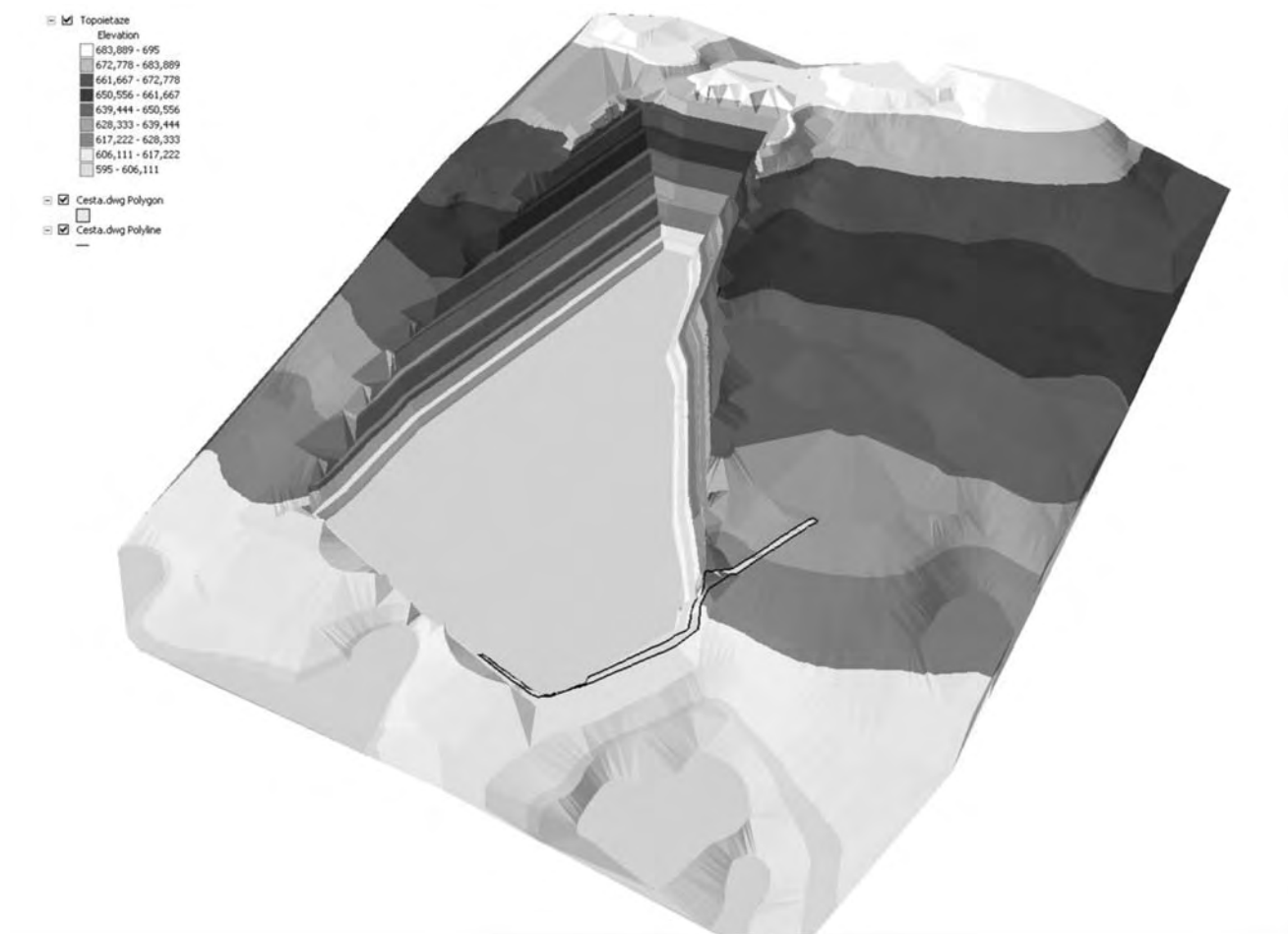


Usitnjavanje prevelikih komada plitkim minskim bušotinama

VICEUELNI POGLEDI NA POVRŠINSKI KOP



3D Prikaz etaža



3D prostorni prikaz konfiguracije terena i etaža

ZAKLJUČAK

Geološkom prospekcijom i rekognosciranjem terena na području Raške gore uočene su sedimentne naslage izrazito bijele boje. U svom razvojnom programu gospodarsko društvo „KAMEN DENT“ d.o.o. Mostar je predvidjelo istraživanje i eksploataciju ovoga vapnenca u tehničko-građevne svrhe. Na odabranom lokalitetu je odlučeno uraditi Idejni projekt eksploatacije u tri dimenzije na željene zalihe, kako bi se dobio cjelovit uvid u prostorni raspored i kako bi se budući površinski kop što bolje uklopio u predmetni prostor i kako bi se revitalizacija površinskoga kopa mogla ukomponirati u odnosni prostor.

PROCJENA UTICAJA NA OKOLIŠ EKSPLOATACIJE KREČNJAKA OTVARANJEM DUBINSKE ETAŽE NA PK „SOKOLICA“ KOD ZAVIDOVIĆA

SAŽETAK

Iskorištavanjem prirodnih resursa, njihovom preradom i nastankom različitih otpadnih materija, čovjek sve više utiče na svoj okoliš, mijenja prirodno uspostavljeno stanje i tako dovodi do ekološke neravnoteže. Zbog toga je cilj svakog zahvata u prirodi, svake eksploatacije prirodnih resursa i njihove prerade da se prije svega sagledaju mogući štetni utjecaji na okoliš kako bi se predvidjele potrebne mjere za njihovo sprečavanje. To podrazumijeva pronalaženje rješenja, zasnovanih na proučavanju ekosistema, koji imaju za cilj minimiziranje štetnih utjecaja na okoliš.

Navest ćemo samo neke prednosti eksploatacije kamena krečnjaka dubinskom etažom u odnosu na viseće etaže:

- Otkopani prostor dubinske etaže u početnoj fazi eksploatacije koristi se kao vodosabirnik oborinskih i podzemnih voda.
- U toku eksploatacije visinskih etaža odminirani materijal pada u otkopani prostor dubinske etaže koji je napunjen vodom, gdje se vrši pranje kamenog materijala.
- Ispran materijal i odvojen od jalovine transportira se do drobilice gdje se vrši drobljenje uz smanjenje emisije prašine zbog vlažnosti materijala.
- Otkopani prostor koristi se kao taložnik za mulj i jalovinu odnosno kao unutrašnje odlagalište

Ključne riječi: eksploatacija, okoliš, dubinska etaža

¹ Mr Sci. Ekrem Bektašević, dipl.inž.rud., GPD „Krivaja-Gradnja“ d.o.o. Zavidovići

² Mr Sci. Alen Baraković, dipl.inž.rud., „Gramat“ d.o.o., Gračanica

³ Mevludin Taletović, rud. tehn., GPD „Krivaja-Gradnja“ d.o.o. Zavidovići

UVOD

Zaštita i unapređenje čovjekove životnog i radnog okoliša realna je društvena potreba, koja, na temelju dosadašnjih rezultata i iskustava, treba potaknuti procese i aktivnosti održivog razvoja u toj oblasti. Ovo tim prije što su od strane Ujedinjenih naroda usvojene deklaracije o globalnom održivom razvoju i okolinskoj sigurnosti (Samit o Zemlji, Rio de Janeiro, Brazil, 1992. godine - Agenda 21, Svjetski samit o održivom razvoju, Johannesburg, Južnoafrička Republika, 2002. godine - Rio+10), koje obavezuju sve subjekte na društveno odgovoran razvoj uz istovremenu zaštitu prirodne osnovice i okoliša za dobrobit sadašnjih i budućih generacija. Dakle, zaštita životnog i radnog okoliša je važan segment svakog tehnološkog procesa, a efikasnost te zaštite ovisi o pravilnom izboru radnih operacija, procesa i opreme, kao i montaže opreme u skladu sa glavnim projektom odnosno projektom montaže, a zatim od uvjeta lokacije i stručne osposobljenosti zaposlenog osoblja.

OPIS LOKACIJE I OKOLINSKI ASPEKT

Ležište krečnjaka "Sokolica" nalazi se 12 km južno od Zavidovića. Grad Zavidovići se nalazi na 44°27' sjeverne geografske dužine, širine i 18°10' istočne geografske dužine, a samim tim u centralnom dijelu Bosne sa površinom općine od 590 km². Grad je glavni centar drvne industrije i smješten je na raskršću magistralnih putova Zenica – Doboj i Zenica Tuzla.

Putna mreža područja je relativno dobro razvijena. Zavidovići su povezani sa Zenicom i Dobojem prugom normalnog kolosijeka (dupli kolosijek) i asfaltnim putem prvog reda koji kod Žepča izlazi na magistralni put Zenica – Doboj. Kamenolom „Sokolica“ je sa Zavidovićima povezan asfaltnim putem do „dvanaestog kilometra“, a do radilišta vodi makadamski put u dužini od 2,5 km.

Krečnjak srednjeg i donjeg trijasa (T_{2,3}) – facija masivnog trijaskog krečnjaka izdvojena je na brdu Sokolica. Izgrađuje njegove najviše dijelove i kao čvrst rezistentan stijenski masiv leži inversno na mlađim mekšim, glinovito pješčarskim sedimentima jurske starosti.

Krečnjak je svijetlo sive boje, čvrsta i kompaktna. Na svježem prelomu ima hrapavu prelomnu površinu, oštre i čvrste ivice. Oblik zrna je uglast i okruglast. Mineralošku građu čini kalcit (CaCO₃) koji je većim dijelom prekrystalizirao u mikro i sitnokristalasta zrna veličine 0,008 – 0,30 mm. Prekrystalisali fosilni ostaci mikroorganizama se rijetko nalaze uglavnom tragovi foraminifera (Nodozariae idr.). Konstatirane su klupčaste alge Stromatoporidae, Cyanophyceae, zatim presjeci ehinodermata.

OTVARANJE I EKSPLOATACIJA DUBINSKE ETAŽE

Investitor pored postojećih tehnoloških rješenja eksploatacije krečnjaka sa visinskim etažama ozbiljno razmišlja na otvaranju i eksploataciji dubinske etaže koja bih se nalazila ispod osnovnog utovarnog platoa. Dubinska etaža bi bila visine cca 15 m. Eksploatacijom visinskih etaža sinhronizovano bi se pratilo i eksploatacija dubinske etaže.



Slika br. 1 – Lokacija terena za otvaranje dubinske etaže

Osnovni tehničko-tehnološki razlog otvaranja dubinske etaže na kamenolomu "Sokolica" je:

- u toku sinkronizirane eksploatacije dubinske etaže sa ostalim visinskim etažama stvara se prostor za deponiranje jalovine dobivene uslijed otkrivanja ležišta kao i separiranog krečnjaka iz tehnološkog procesa separacije,
- eksploatacijom dubinske etaže dobiva se čist krečnjak bez jalovine tako da je njegovo iskorištenje potpuno što pojeftinjuje tehnološki proces, sa aspekta zaštite je olakšan tehnološki proces bušenja i miniranja.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE PROIZVODNOG PROCESA

Proces proizvodnje u kamenolomu krečnjaka u osnovi se sastoji iz dva dijela:

- proizvodnje rovnog krečnjaka rudarskom površinskom eksploatacijom, i
- drobljenja i separiranja rovnog krečnjaka.

Radovi na eksploataciji počinju otkrivanjem ležišta odnosno skidanjem jalovinskog pokrivača. Budući da sloj jalovine na ovom lokalitetu nema veliku debljinu, ona se neće posebno skidati, a eventualne količine izdvojene jalovine će se odlagati u otkopani prostor dubinske etaže.

Proces dobivanja krečnjaka se odvija u slijedećim fazama:

- otkrivanje ležišta krečnjaka (sječa rastinja, uklanjanje panjeva i sitnog rastinja),
- bušenje minskih bušotina,
- miniranje,
- usitnjavanje negabaritnih blokova,
- utovar i transport rovnog kamena, i
- prerada na postrojenju separacije u projektirane frakcije.

Bušenje minskih rupa vrši se pomoću garniture za bušenje sa odgovarajućim alatom i priborom. Veličina prečnika bušotine i raspored minskih rupa se određuju u projektnoj dokumentaciji ovisno o vrsti i čvrstoći stijena.

Druga faza procesa proizvodnje tehničkog kamena krečnjaka je drobljenje i separiranje krečnjaka. S obzirom da u drobilicu dolazi vlažan materijal iz dubinske etaže, samim tim nema pojave prašine u okolišu. Količina i intenzitet izdvajanja prašine ovise prvenstveno o vlažnosti samog materijala. Nivo buke pri radu postrojenja na površinskom kopu je u rasponu 80 - 98 dB (A). Prilikom rada na površinskom kopu ne nastaju tehnološke otpadne vode.

PLANIRANA PROIZVODNJA I NORMATIVI

Planirana godišnja proizvodnja iznosi oko 80.000 m³ čvrste materije.

Tabela br.1 - Rekapitulacija normirane potrošnje materijala i pogonske energije

Redni broj	Materijal	Količina	
1.	Diesel gorivo	0,500	l/m ³
2.	Ulje i mazivo	0,005	kg/m ³
3.	Eksplziv	0,350	kg/m ³
4.	Detonirajući štapin	0,098	m/m ³
5.	Usporivači	0,003	kom./m ³
6.	Sporogoreći štapin	0,050	m/m ³
7.	Rudarska kapisla	0,099	kom./m ³
8.	Električna energija	1,000	kW/m ³

IDENTIFICIRANJE OSNOVNIH UTJECAJA NA OKOLIŠ

Tehnološki proces eksploatacije i separiranja tehničkog kamena krečnjaka može, pri određenim uvjetima, imati negativan utjecaj na stabilnost i sigurnost okoliša. Za ocjenu utjecaja pojedinih faza tehnološkog procesa proizvodnje tehničkog kamena krečnjaka moraju se posebno razmotriti utjecaji na tlo, površinske i podzemne vode, zrak, šumsku vegetaciju i životinjski svijet, vizualnu kvalitetu okolice, mikroklimu, utjecaj buke, zapašenosti i td.

Uticaj na okolicu može nastati onečišćenjem atmosfere agresivnom mineralnom prašinom koja se izdvaja u pojedinim fazama tehnološkog procesa, zatim bukom, koja nastaje kao posljedica rada mehanizirane opreme i miniranja, plinovitim produktima izgaranja eksplozivnih sredstava, pogonskih goriva i drugih gorivih materija, kao i pojavom drugih štetnih materija koje se mogu javiti kao posljedica odvijanja tehnološkog procesa eksploatacije i prerade tehničkog kamena krečnjaka.

Zona površinskog kopa krečnjaka

Izvore zapašenosti u ovoj zoni predstavljaju slijedeće tehnološke operacije:

- bušenje minskih bušotina u tehnološkom procesu rušenja stijena,
- miniranje,
- utovar odminirane mase rovnog krečnjaka i/ili otkrivke,
- transport rovnog krečnjaka i/ili otkrivke na etažama površinskog kopa,
- čišćenje površina radnih etaža i saobraćajnica, i
- uzvitlavanje mineralne prašine dejstvom zračnih struja (vjetra).

Sa porastom dubine minskih bušotina povećava se pritisak zraka, a time se povećava i koncentracija emisije agresivne mineralne prašine. Mineralna prašina promjera većeg od 150 μm po izlasku iz bušotine gubi kinetičku energiju i taloži se uz samu bušotinu.

Za rušenje stijena energijom eksplozivnog razlaganja eksploziva (miniranjem) na površinskom kopu koriste se privredni eksplozivi. Pri njihovom eksplozivnom razlaganju nastaju plinoviti produkti kao što su ugljik (IV) oksid, vodena para, dušik, kisik, različiti spojevi oksida dušika i dr. Uzevši u obzir da se više od 50 % plinovitih produkata resorbuje u stijeni, a ostatak difundira u atmosferu eksploatacionog područja, oni ne predstavljaju opasnost čak ni po radni, a posebno ne po širi okoliš.

Pri utovaru odminiranih masa rovnog krečnjaka i/ili otkrivke u strojeva tipa kašikara (rovokopači, utovarivači) do izdvajanja prašine dolazi u fazi istresanja kašike u transportno vozilo. Intenzitet emisije prašine raste sa povećanjem visine utovara, zapremine kašike, smanjenjem vlažnosti mase itd. Granulometrijskom analizom ove prašine može se zaključiti da se ukupna količina prašine koja se emitira u fazi utovara, taloži unutar eksploatacionog područja i ne ugrožava životni okoliš.

Intenzitet emisije prašine nastale transportom rovnog krečnjaka i otkrivke na etažama površinskog kopa ovisi o stanju putova, brzini transporta, vlažnosti habajućeg sloja puta, odnosno godišnjem dobu, kao i vjetrovitosti. Habajuće površine puta koje su podložne drobljenju predstavljaju najveće izvore za-prašenosti u transportu.

Prašina nastala pri čišćenju radnih etaža korištenjem rovokopača može se pojaviti u koncentracijama čak i do 70 mg/m^3 što ovisi od stanja vjetrovitosti, prethodne pripreme površine etaža, vlažnosti površine i dr. Ovako nastala prašina je krupnije frakcije i taloži se vrlo brzo i na malom rastojanju od mjesta nastanka.

Djelovanje vjetrovitosti na zaprašenost je značajan faktor na koji utječu i veličina adhezione sile, oblik i disperzioni sastav prašine u nataloženim slojevima, vlažnost prašine, brzina vjetra i dr. Znači, neophodno je povremeno vršiti polijevanje radnih površina na površinskom kopu. Na taj se način uzvratna prašina sa eksploatacionog područja površinskog kopa neće širiti u okoliš.

Izvore štetnih plinova, para i aerosola u procesu rada na površinskom kopu "Sokolica" predstavljaju slijedeće faze tehnološkog procesa:

- eksplozivno razlaganje eksploziva u procesu izvođenja masovnih i dopunskih miniranja, i
- ispušni plinovi iz motora sa unutarnjim izgaranjem.

Plinoviti produkti izgaranja diesel goriva sadrže uglavnom okside dušika (NO_x), čvrste čestice, ugljik (IV) oksid (CO_2), ugljik (II) oksid (CO) i ugljikovodike (C_xH_y).

Oksidi dušika, NO_x , nastaju reakcijom dušika i kisika na povišenim temperaturama. Ovi oksidi doprinose nastanku ozona i, u neposrednoj blizini tla, smoga. Osim toga, izazivaju zakiseljavanje zraka odnosno tla.

Sitne čvrste čestice se, u prvom redu, sastoje od čađi. Nastaju nepotpunim izgaranjem goriva i škodljive su za organe za disanje, ukoliko udisanjem dođu u organizam.

Ugljik (II) oksid, CO, također nastaje kao produkt nepotpunog izgaranja goriva. Kao toksična tvar se u vrlo malim količinama nalazi u emisiji plinova nastalih izgaranjem goriva.

Ugljikovodici, C_xH_y , nastaju kao ostatni produkt izgaranja goriva. Ovi sastojci ispušnih plinova, zajedno s oksidima dušika, dovode do nastanka ozona.

Izvore buke na površinskom kopu čine:

- zvučni efekti masovnih i dopunskih miniranja, i
- mehanizirana oprema koja se upotrebljava na površinskom kopu.

Zvučni efekti eksplozionog razlaganja eksploziva pri masovnim i dopunskim miniranjima vezani su za period trajanja procesa eksplozionog razlaganja eksploziva uvećanom za period refleksije i odjeka elastičnih talasa. Trajanje ovog efekta je manje od 1 s. Kod masovnih miniranja, na udaljenosti od 100 m, ova vrijednost ne premašuje 80 dB (A), dok je pri dopunskom miniranju, na istoj udaljenosti, ta vrijednost do 120 dB (A).

Zona separacije krečnjaka

Recirkulaciona zona separacije predstavlja prostor koji je sa svih strana ograđen visokim gustim rastiњem koje predstavlja tampon zonu, tako da se smanjuje imisija u okolicu. Vjetrovitost zone recirkulacije je turbulentnog, a ne protočnog tipa. Zbog toga bi se emitirana prašina taložila unutar zone do zaštitnog zelenog pojasa pa bi njena imisija izvan zone bila u neznatnim koncentracijama.

Otkopani prostor dubinske etaže koristi se kao vodosabirnik oborinskih i podzemnih voda. U toku eksploatacije visinskih etaža odminirani materijal pada u otkopani prostor dubinske etaže koji je napunjen vodom, gdje se vrši pranje kamenog materijala i takav se transportira do separacije.

Buka, nastala radom postrojenja u pogonu separacije, ima sve karakteristike industrijske buke širokog spektra.

Tehnološki proces bušenja i rušenja stijene eksplozivom predstavljaju dio tehnološkog procesa sa najvećim potencijalnim opasnostima pri površinskoj eksploataciji tehničkog kamena. Pri tome nastaju slijedeće opasnosti:

- djelovanje zračnog udarnog talasa na ljude, postrojenja i objekte,
- seizmičko djelovanje eksplozije na ljude, postrojenja i objekte,
- toksično i toplinsko djelovanje plinovitih produkata nastalih eksplozijom, i
- oštećenje okoliša (vode, tla i zraka) sindromom eksplozivnog razlaganja materijala.

Eksplzivne materije koje se koriste na površinskom kopu spadaju u grupu privrednih eksploziva.

Proces eksplozivnog razlaganja eksplozivnih materija uzrokuje oscilacije materijalnih čestica u pobuđenoj radnoj sredini – vibracije koje se, od mjesta nastajanja, šire u okolni prostor pri čemu se njihovi valovi transformiraju, reflektiraju i prigušuju.

Intenzitet vibracija i njihovo djelovanje ovisi o nizu činilaca od kojih su najvažniji slijedeći:

- akustičke osobine stijena u zoni miniranja i u zoni djelovanja vibracija,
- prirodni faktori (sastav i karakteristike radne sredine i sredine u kojoj se temelje objekti ili postavljaju strojevi, tektonika, nivo podzemnih voda i sl.)
- vještački faktori (vrsta i količina eksplozivnih materijala, način punjenja minskih bušotina, način miniranja, način građenja objekata koji se žele zaštititi i sl.).

Ukoliko bi došlo do prolijevanja goriva, to mjesto se mora prekriti pijeskom, a zatim se kontaminirana površina ispere mlazom vode u oborinsku kanalizaciju i tretira u separatoru za odvajanje ulja i masti.

Da bi se spriječio prodor oborinske vode ka manipulativnom platou, predviđa se izvođenje tipske betonske rigole na granici platoa i saobraćajnice.

Ekscesni slučaj može nastati zbog eventualnog curenja spremnika što može izazvati onečišćenje prvenstveno tla, a preko njega i podzemnih voda. Iz tog razloga ovi platoi moraju biti građevinski osigurani kako u ekscesnim uvjetima ne bi došlo do onečišćenja.

Pri normalnom radu moguće je očekivati pojavu onečišćenja tla uljem, mazivom kao i gorivom od vozila na manipulativnim prostorima. Pojavom oborinskih voda dio ovih onečišćenja mogao bi preći i u podzemne vode. Zbog toga se prostor oko pretakališta mora tako urediti da se sve oborinske i druge vode prikupljaju i obrađuju u separatoru za odvajanje masnoća. To znači da ovaj prostor mora biti odgovarajućim preprekama fizički odvojen od ostale površine. Separator mora biti tako projektiran i izabran da omogućava kvalitetno i sigurno izdvajanje masti i ulja i da kapacitetom odgovara količini oborinske vode u svim uvjetima.

ZAKLJUČAK

Zakonski propisi o zaštiti okoliša zabranjuju onečišćavanje zraka, voda i tla krutim, tekućim i plinovitim industrijskim otpadnim tvarima.

Eksploatacijom kamena krečnjaka će se izvršiti narušavanje prirodnog stanja zemljišta samo u obimu neophodnom za odvijanje tehnološkog procesa. Rastinje koje se ošteti i ukloni u postupku eksploatacije nije za upotrebi jer se radi o žbunastom rastinju.

Emisija plinova od miniranja je srazmjerna količini utrošenih eksploziva. Miniranja su periodična te se izdvojeni plinovi relativno brzo razrjeđuju. U zrak okoliša će se izdvajati plinoviti i čvrsti produkti nastali bušenjem i miniranjem kao i radom mehanizirane opreme. Ovi se produkti izdvajaju u obliku plinova, para, aerosola i prašine. Koncentracije navedenih produkata, uzevši u obzir projektirani kapacitet, vrstu i količinu opreme, neće biti značajne i uglavnom će se razblaživati i svoditi ispod maksimalno dopuštenih koncentracija u samom eksploatacionom polju.

Nakon završetka eksploatacije na eksploatacionom području će se izvršiti rekultiviranje i revitaliziranje zemljišta i privođenje istog korištenju.

Vegetaciju unutar istražnog i eksploatacionog prostora kamenoloma treba čuvati, a uništavati samo ono što je neophodno po tehnološkom redu razvoja kopa. Nakon završetka eksploatacije potrebno je izvršiti saniranje eksploatacionog područja i njegovog okoliša zahvaćene eksploatacijom i preradom kamena.

LITERATURA

1. Glavni rudarski projekt za proizvodnju i preradu krečnjaka "Sokolica" kod Zavidovića, 1980., R.O. „INTERPROJEKT“ Novi Beograd
2. Dopunski rudarski projekt PK „Sokolica“, 2000., Rudarski Institut Tuzla
3. Benac Č., 2005., "Zaštita okoliša za studente graditeljstva", Rijeka.
4. Jahić M., 2004., "Prostorno planiranje i zaštita okoline", Bihać.
5. Dušan B. Đurić, Ljubomir J. Petrović, 1996., "Zagađenje životne sredine i zdravlje čovjeka", Beograd, (strana 202-227).
6. Ikić M., 1996., "Ekologija atmosfere površinskih kopova", Knjiga – I, Tuzla.
7. Ikić M., 1996., "Ekologija atmosfere površinskih kopova", Knjiga – II, Tuzla.
8. Kristoforović-Ilić M., 1998., Komunalna buka, vibracije, ultrazvuk, "Komunalna Higijena, Prometej", Novi Sad, (strana 13-90).

ISKOP MINERALNE SIROVINE U SVRHU IZGRADNJE OBJEKATA

UVOD

Svjedoci smo sve intenzivnije i raznovrsnije graditeljske i gospodarske aktivnosti pri kojima se iskopavaju pripovršinske mineralne sirovine. U urbanim sredinama ona se ogleda u potrebi dubljih zahvata u svrhu izgradnje podzemnih objekata, cestogradnja teži izgradnji modernih prometnica sa visokim standardima, pripreme terena za izgradnju industrijskih zona na okršnim platoima hercegovačkih općina, rekultivacija krša u poljoprivredne svrhu itd. Većinom se radi o iskopu tehničko-građevnog kamena, pijeska i šljunka, te drugih mineralnih sirovina kao što je u jednom prikazanom primjeru ugljen.

Primjeri

- Šljunak

Iskop šljunka u svrhu izgradnje objekata je konstantan proces u naseljima izgrađenim na aluvijalnim naslagama. U posljednje vrijeme u užim gradskim područjima se rade objekti sa podzemnim garažama nerijetko i sa više etaža, pri čemu su količine iskopanog šljunka znatne. Ovi su šljunci uglavnom kvalitetni, odnosno direktno se upotrebljavaju kao građevni materijali.



Slika 1. Iskop šljunka

¹ J.P. Elektroprivreda HZHB d.d. Mostar

- *Vapnenac i drugi tehničko građevni kamen*

Cestogradnja je svakako graditeljska aktivnost u kojoj je ova problematika naglašena, ponajprije zbog količina iskopa uglavnom tehničkog kamena sa jedne strane, odnosno potrebnih količina za ugradnju u konstrukciju putova. U ovom slučaju ustaljena praksa je jasna, iskoristivi iskopani materijal se ugrađuje u konstrukciju putova, dok nekorisni predstavlja građevni otpad i kao takav se tretira. Ovaj model je kako projektom tako i financijskom kalkulacijom u odnosu Investitor-Izvođač jasno definirana. Iako je ovaj model logičan i držim prihvatljiv, ipak mu nedostaje jasna pravna definicija, bez obzira što je jedno javno dobro (iskopana mineralna sirovina) iskorištena ugradnjom u drugo javno dobro (cesta). Problemi se pojavljuju kada se

- a) prilikom iskopa pojave viškovi koji se ne mogu ugraditi
- b) manjkovi količina potrebnih za izgradnju

U slučaju a) viškova, imamo slučajeve da se iskopani tehnički kamen „in situ“ drobi, sortira te prodaje ili ugrađuje u neke druge objekte. U ovom slučaju šteta za društvo odnosno korist za počinitelja je uvećana, jer se iskop plaćen a prodaja nije opterećena izdacima koje su u praksi za legalnu količinu iskopane mineralne sirovine. Naravno da ne aludiram da se nešto korisno ne koristi ili baca, ali se mora jasno definirati čiji je to prihod po kojoj se to proceduri obavlja.

U slučaju b) manjkova, problem se „rješava“ tamo gdje se može još u fazi projektiranja kada se mogući rebalans masa pokuša svesti na minimum, što je inženjerski ispravno, međutim pri tome se ponekad pretjera pa se rade npr. niže nivelete putova, širi usjeci sa blažim nagibima od potrebnih itd. a sve u svrhu iskopa potrebnih količina za nasipe i druge konstruktivne elemente. U ovim slučajevima pravi problem nastaje kada se manjkovi „potraže“ u blizini a izvan trase puta, uglavnom bez procedure koju treba provesti za otvaranje eksploatacije odnosno kamenoloma. Često se u praksi pogotovo građevinara upotrebljava izraz „pozajmište“. Ova riječ u osnovi znači da će se nešto uzeto nekada vratiti, ja taj čin vraćanja još nisam vidio a vjerujem niti itko od vas. Znači u ovakvim slučajevima se uglavnom radi o nelegalnoj eksploataciji.

Ovdje prikazani primjeri u cestogradnji u perspektivi će biti još naglašeniji zbog toga što nas ako bude sreće očekuje izgradnja autocesta. Naznačena problematika može biti naglašenija ako i kada Investitor više ne bude država već neki privatni kapital u formi koncesionara što se realno može dogoditi.

Uglavnom ista problematika je i u drugim segmentima niskogradnje, naravno bitno manje naglašena zbog manjeg opsega radova nego u cestogradnji.

Vozeći se našim cestama uz putove pogotovo nedaleko od naselja, možemo vidjeti manja ili veća postrojenja za drobljenje i separaciju kamena koja su postavljena na lokacijama terena koji se pripremaju za izgradnju objekata uglavnom u industrijskim zonama.

Prilikom pripreme terena a pogotovo kada se radi o većim površinama za naglašenom topografijom, odnosno povećom količinom iskopa, Investitor ili njegov Izvođač iskopani kamen prerađuju te ga prodaju kao agregat.



Slika 2. Iskop tehničkog kamena

Ove količine uopće nisu beznačajne, tako da su na primjeru u industrijskoj zoni jedne općine one bile kao i ukupna godišnja eksploatacija našeg prosječnog kamenoloma.

Zbog vrlo dobre prometne povezanosti i blizine konzumentu, ovakvi agregati su konkurentniji nego legalna postrojenja i kamenolomi, koje smo u pravilu gurnuli daleko od naselja. Stoga se njihovi vlasnici odnosno naše kolege s pravom pitaju kome smo otvarali naše pogone, kome plaćamo takse, naknade i druga davanja, kada im se više isplati kupiti teren za izgradnju objekta, pri pripremi iskopati, prerađivati i prodati kameni agregat te nakon toga pripremljen teren prodati.

Slični odnosi se mogu ponoviti, odnosno zloupotrijebiti u slučaju pripreme krških terena u poljoprivredne svrhe (rekultivacija krša). Trenutno je u nekim hercegovačkim općinama u pripremi ili se već intenzivno radi na rekultivaciji velikih površina u kršu u svrhu sadnje vinograda. Takvi projekti su uglavnom definirani po modelu koncesija. Manipulatori mogu pod izgovorom pripreme terena iskopavati, prerađivati i prodavati tehnički kamen, a nakon toga napustiti predmetnu lokaciju, odnosno raskinuti ugovor o koncesiji. Takve površine su kasnije bezvrijedne u svakom pogledu. Iako ovakva zlouporaba izgleda na prvi pogled paušalna i nemoguća, u stvarnosti se to može realno dogoditi, jer je to isplativ posao, a pravni vakuum gotovo da to dopušta. Ovakvi slučajevi mogu sličiti na probleme koje je imala Mađarska pa i Hrvatska kada su neki koncesionari pod ugovorom izrade ribogojilišta iskopavali pijesak i šljunak a nakon eksploatacije raskidali ugovore, odnosno napuštali predmetnu djelatnost ribogojilišta.

- Druge mineralne sirovine

Pri izgradnji jednog objekta u Mostaru sa kopom u dubinu od – 13 m, došlo je do iskopa određenih količina mrkog ugljena. Investitori ovog objekta su dobili Građevinsku dozvolu od nadležnog organa Gradske uprave, kome je prethodila izrada tehničke dokumentacije, odnosno Glavni projekt sa Geotehničkim elaboratom iz kojeg se jasno vidjelo da će se pri iskopu eksploatirati određene količine ugljena. Obzirom na ove činjenice Investitori su bili vidno iznenađeni sa nemogućnosti rješenja iskopanog ugljena kojeg su deponirali na željeznički depo.

Nije poznato kako je na kraju cijeli slučaj završio, iskopani ugljen je nekoliko mjeseci bio deponiran na željezničkom depou, a izgradnja objekta se privodi kraju.

Upravo ovaj iskop je izazvao različite reakcije i različita tumačenja rješenja ove situacije, kao i izjašnjavanja različitih institucija koje su se smatrale nadležnim za novonastalu problematiku, uglavnom cijela zbrka zapisnika, obustava, rješenja i sl.

Pri izgradnji jednog objekta u Mostaru sa kopom u dubinu od – 13 m, došlo je do iskopa određenih količina mrkog ugljena. Investitori ovog objekta su dobili Građevinsku dozvolu od nadležnog organa Gradske uprave, kome je prethodila izrada tehničke dokumentacije, odnosno Glavni projekt sa Geotehničkim elaboratom iz kojeg se jasno vidjelo da će se pri iskopu eksploatirati određene količine ugljena. Obzirom na ove činjenice Investitori su bili vidno iznenađeni sa nemogućnosti rješenja iskopanog ugljena kojeg su deponirali na željeznički depo.

Nije poznato kako je na kraju cijeli slučaj završio, iskopani ugljen je nekoliko mjeseci bio deponiran na željezničkom depou, a izgradnja objekta se privodi kraju.

Upravo ovaj iskop je izazvao različite reakcije i različita tumačenja rješenja ove situacije, kao i izjašnjavanja različitih institucija koje su se smatrale nadležnim za novonastalu problematiku, uglavnom cijela zbrka zapisnika, obustava, rješenja i sl.

UMJESTO ZAKLJUČKA

Ovdje prikazani primjeri se događaju ili se mogu dogoditi, netko će reći u moru problema društva i nisu neki problem. U društvu vladavine prava kome težimo ili u kome smo već trebali biti, bilo koje pojave i odnosi moraju biti uređene zakonima i drugim relevantnim propisima.

Uvidom u zakone i pravilnike (rudarske, građevinske, geološke) koji su na snazi, koji su izvan snage te onih u formi nacрта ili prijedloga, bilo da se radi o državnoj entitetskoj ili županijskoj razini, stekao sam dojam da se ovakvi i slični slučajevi ne mogu pravno jasno definirati, naravno ostavljam mogućnost da griješim, odnosno da je nekim podzakonskim aktom ili uredbom definirana ova problematika.

Mineralne sirovine bilo da se radi o šljunku, tehničkom kamenu ili ugljenu koje su iskopane u svrhu ili za potrebe izgradnje objekata ili nekim drugim aktivnostima je istovjetna problematika i ona se isključivo mora definirati kroz Zakon o rudarstvu. Zakonsko rješenje nasmije biti prepreka graditeljskoj niti drugoj aktivnosti, ali se moraju definirati obveze, nadležnosti te uloga rudarskih i geoloških tijela pri projektiranju i realizaciji aktivnosti kojima se obavlja iskop mineralne sirovine. Također, moraju se jasno definirati nadležnosti razina vlasti, kao i pripadnost eventualnih prihoda.

Zakonska osnova treba pojednostaviti problematiku na način da bude istovjetna za sve mineralne sirovine koje se eventualno iskopavaju i ili koriste graditeljskom ili drugom aktivnošću.

Preporuke za pravno definiranje ovih odnosa se pojednostavljeno mogu sagledati na sljedeći način:

- Definiranu problematiku isključivo tretirati u Zakonu-ima o rudarstvu (bez obzira na razinu
- Istovjetnost za sve mineralne sirovine
- Pripadnost prihoda i druge uzajamne odnose isključivo usmjeriti na lokalnu zajednicu

III.
IZ GEOLOGIJE

SIGNIFICANT RESULTS OF RESEARCH AND MEASURES FOR SOLUTION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF GROUND AND SURFICIAL WATERS IN BIHAĆ AREA, BOSNIA AND HERZEGOVINA

ABSTRACT

This paper represents concise outline of geological, hydrogeological characteristics, quality, of surficial and ground waters, pollutants, protection and measures of further investigations and usage of karstic groundwaters of Bihać region, which is realised in the frame of international project Anthropol.prot from 2003 to 2005 with European commission Bruxelles. Team leader of project for BiH was Neven Miošić, participants were H. Hrvatović, E. Brkić, N. Samardžić.

The purpose of project was the following: to collect data on anthropogenic pollution before and after the war 1991 – 1995 and evaluate their consequences toward karstic ecosystems of Bihać area, to determine geological and hydrogeological characteristics of these karstic terrains, accumulations and springs of groundwaters, the influence of pollutants to quality of surface and groundwaters, water supply of region, monitoring of both waters, groundwater connections, the pollutants of waters, illegal and uncontrolled waste deposits before and after the war, aspects in tourism, industrial domain as also the measures for prevention of pollution of waters and the tasks of investigations and sustainable utilization of karstic waters of Bihać region. Special attention was done to exceptional sensitive and vulnerable karstic media in whole watershed areas of the most important strong karstic springs in Una river dolina, which represent unique sources of water supply not only for Bihać region but for some parts of Lika county in Republic of Croatia also.

Multidisciplinary approach in investigation and utilization of those very important natural resources showed there are applicative for polyvalent exploitation and represent some of the greatest and the most important accumulations and springs of karstic groundwaters in BiH, which usage creates the new productive values in the state and their inclusion as the renewable and indifferent up to date natural resources in economic cycle too.

¹ Geological Survey, Sarajevo, Ustanička 11. 71210 Ilidža, Bosnia and Herzegovina, E- mail: zgeolbih@bih.net.ba, nevenmi@bih.net.ba

Our work is attempt of continual connecting to data and results of work of pleyade of foreign and domestic specialists, scientists and enthusiasts of different profiles in 120 years, which have given with new cognitions and which succesful results of work have enabled that we can today continue where they have reached.

We have tried to perform synthetic outline of all past polydisciplinar investigations of Bihać region karst and the parts of Lika region from geological, hydrogeological standpoint, analyse of quality, application, pollutants and definition of further necessary works. It was realized collecting, selection and reinterpretation of all accessible data, sheet forms of hydrogeological phaenomena and objects – springs, caves, ponors, groundwater connections, drillholes, wells, the pollutants were registered, layout of geological, hydrogeological characteristics of terrain, quality of surficial and groundwaters, water-supply, tourism, load of pollution and comparison of the state of pollution before and after the war 1991 – 1995 for Bihać municipality and particularly for the whole watersheds of 4 most important springs Klokot, Privilica, Ostrovica, Toplica in RC and BiH as also the tasks for further researches and usage of both waters.

Significant difficulties experienced during investigation period were expressed in unavailability of individual papers, the reports, studies and documentation in Sarajevo and Bihać area are often destroyed during the war, there are various contradictions or uncertain data and dilemmas in the various statements of different contractors about geological and hydrogeological characteristics, especially of minimal and maximal yields of springs, drillholes and wells and problematical results on dye tests and other relevant hydrogeological parameters, because of that we should try to choose plausible data. The small number of springs has complete physical and chemical analyses of waters and monitoring of springs is not performed after 1992. Many locations are under mines (Žegar, Željava, Jošik) and admittance is not allowed, none institution in Bihać has any data about locations and characteristics of illegal waste deposits and which local industrial facilities now outflow waste waters in rivers, there is no land register of pollutants, accompaniment, analysis, assessment and report of environment state.

Measures to solve the ambient pollution and tasks for further researches and sustainable utilization of waters in Bihać area were strongly recommended, the projects of protection for 4 mentioned most important springs were defined and they need prompt and complete implementation. Measures of fundamental - initial works, detailed and processed-development character for Bihać area were done and protection measures also for the whole watersheds of investigated springs in both countries.

Waters as the natural renewable resources have polyvalent application and they can be used in different economic, touristic, sport, recreation facilities. Real assessment of polyvalent usage of waters is limited by low degree of investigation of numerous characteristics of waters.

It is evident complexity of geological, hydrogeological and hydrodynamic relations of holokarstic Lika and Bihać region as the other characteristics which arise from themselves.

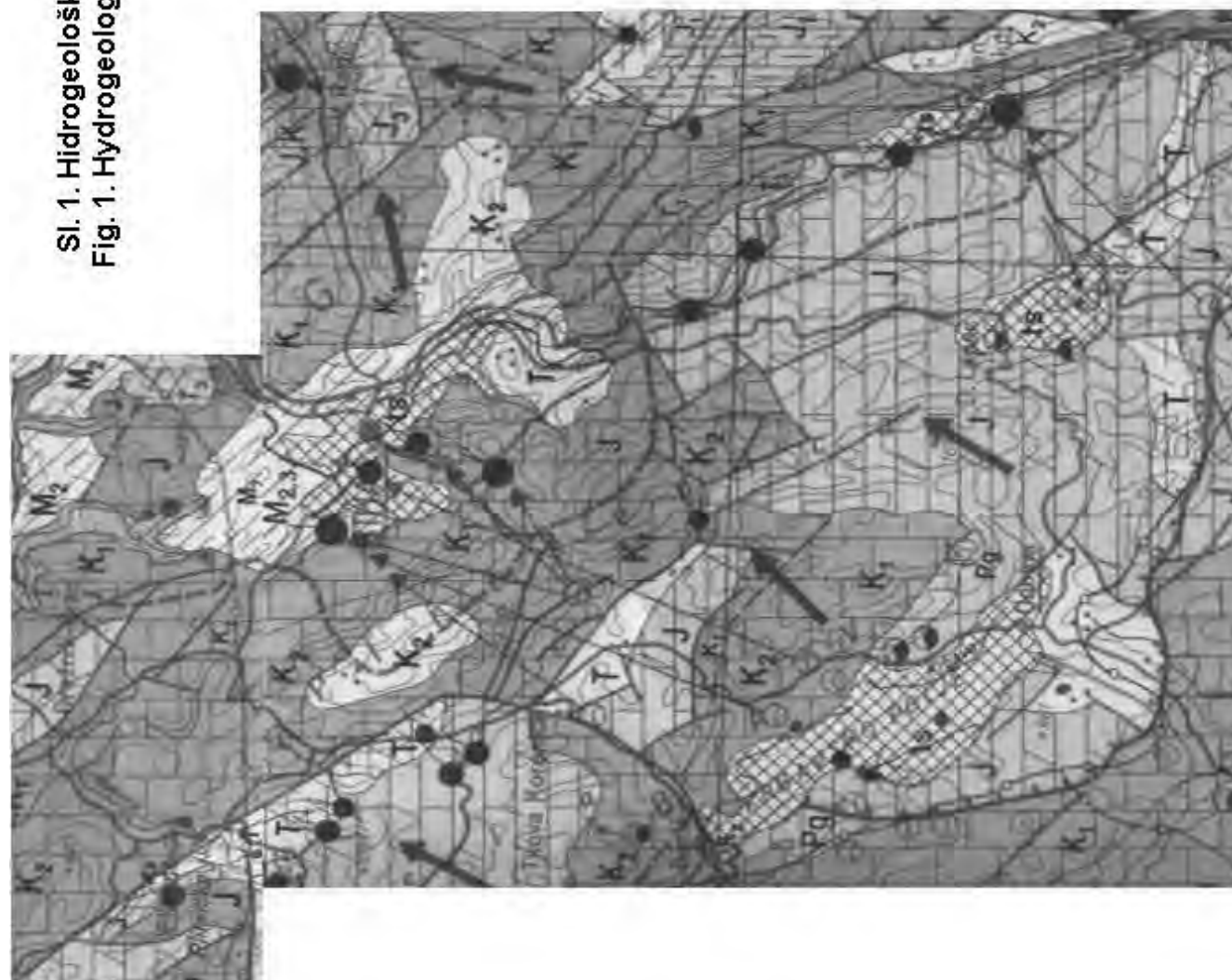
GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS, QUALITY, POLLUTION AND PROTECTION OF WATERS

Geotectonic setting

- Bihać area belongs to Dinaric carbonate platform i. e. External Dinarides of Bosnia and Herzegovina or to zone of highkarst overthrust. Northern border of this zone goes from Bugar toward Bosanska Krupa to Sanski Most and on the south and SW stretches to Lika region of Croatia. Bihać area consists of Permian, Triassic, Jurassic, Cretaceous, Palaeogene, Neogene and Quaternary rocks.
- In this zone carbonates rock masses of great thickness and space have undergone long-lasting and multiphase regenerated tectonic movements, which have relevant role in forming of hydrogeological characteristics of terrain, there are the numerous plicative forms and also more numerous disjunctive tectonic elements, which made possible the appearances of springs with numerous and different types of waters; gravitational strong karstic springs, mineral, thermal and thermomineral waters.

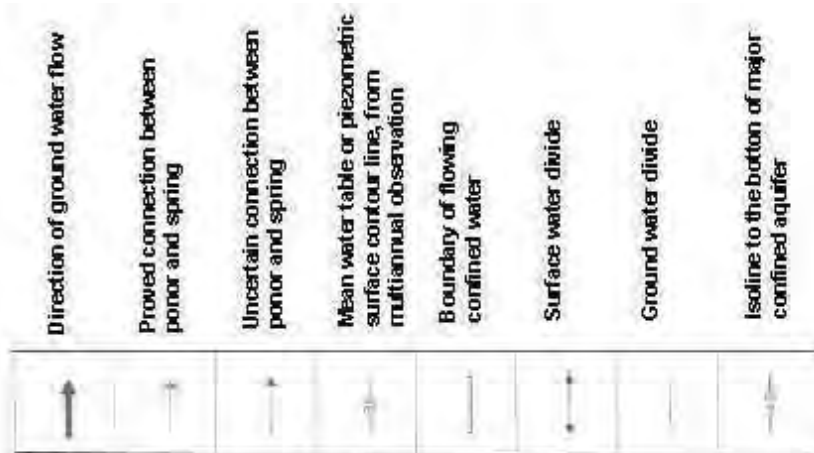
Hydrogeological characteristics

- The watershed of Una river, whom belongs Bihać region, represents sensitive and vulnerable karstic environment from the aspects of threatening by different views of negative influence of pollutants to water quality,
- Karstic aquifers of Bihać area in BiH present holokarstic system of strong broken aquifers, which are united in one entirety with neighbourhood of Lika in RC and because of that these aquifers we must be mutually treated, investigated and protected,
- Mesozoic carbonate rocks – limestones, dolomite limestones and dolomites of Triassic, Jurassic and Cretaceous period are the most significant hydrogeological collectors with cavernous-fissured porosity. In these formations are formed typical karstic aquifers with fast water exchange i. e. with short residence times of infiltration meteoric waters, consequence of this fact are great oscillations of yields of karstic springs during hydrologic year.
- Cavernous-fissured rocks build mountains, karstic plateaus and karstic poljes between mountain massifs and canyon and river Una doline. These structures are the most markant orographic forms and also they have the most important hydrogeological role in which occurs fast recharge and discharge of powerful karstic aquifers, what has negative repercussions to water protection. The fast water exchange makes less possible autopurification of waters in groundwaters communications



Sl. 1. Hidrogeološka karta Like i bihaćkog područja, 1:500 000
Fig. 1. Hydrogeological map of Lika and Bihać region, 1:500 000

LEGEND



d, gl, t, P-Aquifers of very different yield
 Pt; M; Pi; Mt Ng-Aquifers of different, mainly low yield
 M2,3; M2; Mt; O; M-Discinuous mainly lowyielding aquifers
 E4,2; Pg; K2; K1,2; K1,1; K, J3; J2, J1,2,3; T3; T2,3; T2; T; Pz-Intensively karstified, highly transmissive terrains
 K2; K1; K, J3; J2,3; J1; J; T; Pz-Medium karstified and transmissive terrains
 Ng; M; Pg; K1,2-Mainly low yield aquifers
 ts; Pi; M; Pi; Ng; O; Mt T1; P-Very lowyielding terrains
 P-Practically impermeable terrains

Groundwater connections

The analysis of dying tests data of sinking waters in Lika and Bihać region indicate the following:

- negative consequences of fast and concentrated recharge of springs in Bihać area from sinkholes in karstic poljes in Lika region on quality of waters,
- for all ponors, except Vidrovac – Kravsko polje and Mazin, is characteristic branching in one ponor immediately after sinking of groundwaters privileged and concentrated paths of circulations in more directions; Lapačko polje only has two proved sinking by tracing to more privileged communications in different hypsometry, which are for each other crossbreed or they are bypassed one another toward more springs,
- ponors in lower levels (Vučjak, Željava) have less dispersion water links than those in higher levels (Prijeboj, Koreničko polje), ponor Prijeboj, which is in the highest level, has the greatest dispersion, what indicates irregular karstification in the space,
- ponors with greater distances from springs and in higher levels (Mazin, Kravsko polje) have connections with the greatest springs only (Ostrovica, Klokot), these concentrated and privileged links are probably deeper and these paths toward Klokot have separate channels than those from Koreničko polje, as also from Mazin to Ostrovica,
- privileged and concentrated paths of circulation of groundwaters are determined: Gornji Lapac → Ostrovica, Donji Lapac → Ostrovica, Brezovac → Ostrovica, Kravsko polje → Klokot, Koreničko polje → Klokot, Rastovača → Klokot,
- determination of watershed of individual springs is not possible to implement because of dispersion of groundwaters flows from ponors,
- dinaric strike of tectonic structures – NW-SE gives greater speeds related to inverse direction NE-SW,
- relation of hydraulic gradient and velocity of sinking waters has not any mutual dependence.

Proposals of dying tests of sinkholes are the followings: Dnopolje - Donji Lapac, Jaruga – Kravsko polje, Bjelo polje, Udbina, Željava, Prijeboj (Hrvatska), Lipa, Izačić and more minor ponors round Cazin area (BiH).

Water-supply

- Water-supply of inhabitants of towns and larger places is from great karstic springs, which are recharged from very abundant groundwater accumulations in high karstic mountains in Lika province in Croatia,

Some problems of investigation and utilization of ground waters on cited springs are as follows: pre-

sent protection of springs from pollution in sanitary zones round these springs is incomplete and it does not exist in broader drainage area and nobody respect the regulations, various hard and toxic waste during the war is uncontrolled deposited on numerous localities even in zones of fast circulation in drainage area of springs where directly jeopardizes themselves, the present landfills do not fill basic sanitary – technological conditions and their infiltrational waters pollute ground waters, after 1992. is not performed the observations and measuring of hydrogeological parameters,

- we proved the existence of deep karstification, much more of local erosion base – level of springs water outflow and presence of great static reserves of groundwaters and thereby the possibility of longer mean residence time of waters and accordantly with this fact better autopurification in pathways of waters in karstic media from Lika to Una river valley.
- It is evident from Klokot spring the karstification is irregular and appreciably deeper from the levels of springs outflow, what means the retardational capability of aquifers are great as static reserves also and from that fact it is possible in minimum hydrologic conditions tapping much more groundwaters by drawdown of outflowing levels than they are in minimum,
- These 20 springs are appreciable renewable resources in Una river valley, which represent very important and practically unique the most suitable intake structures for water-supply of inhabitants, public economy, tourism and other users of Bihać region and also of parts of Lika province in Croatia,
- The most important karstic springs Klokot, Privilica, Ostrovica and Toplica are genuine representatives of karst of this region and in the same time present some of the strongest accumulations and springs of karstic waters in BiH,
- The greatest part of watersheds of the biggest springs is situated in Croatia and it is indispensable to project and realise joint protection in the level of the both countries,
- Cca 20 perspective karstic springs were chosen for future water-supply,
- Utilization of waters is possible not only for water-supply than in several branches of economy too,
- It is possible the utilization of medicinal mineral, thermal and thermomineral waters and geothermal resources.

Pollutants and protection of waters

- From total load of pollution of 11,500 ENI (equivalent number of inhabitants) of springs Ostrovica and Toplica 98% has origin in Croatia and from 16,000 ENI in springs Klokot and Privilica 81% comes from Croatia too (after dying test of ponor Rastovača in Plitvice in 2005 this rate will amount bigger than 95%); from these facts it is evident necessity of common solution of pollution of these and other springs,
- Protection of springs, especially of those local and less yields, is not projected or not implemented,

- Concrete measures of protection of waters were given as the measures of sanitation and recovery also,
- The evidence of number firms, which carry out the refinement of waste waters does not exist, environment studies were not made for new firms,
- The evidence of number of firms, which perform the purification of waste waters does not exist,
- Land register of pollutants does not set up and the monitoring does not work as the annalysis and assessment of state of environment too,
- The greatest load of pollution origins from inhabitants, waste deposits, quarries, motor cars (with domination of personal cars), industry and agricultural production, then significantly less from hotels, restaurants and hospitals,
- The load of pollution of wastewaters of industry (11788 ENI) is twice times less regarding to the state before the war 1992-1995 (24089 ENI), this is the result of minor employment, work and production, especially of textile industry, after the war. This decrease of pollution evidently is not result of better treatment of wastewaters or improvement of work in ecological sense.
- All quantified pollutants of Bihać municipality load and endanger the final recipient of whole waste waters – receiving water flow Una river with 156,803,6 units of ENI. Load of pollution is less after the war related to this one before the war because of minor number of inhabitants, which are the greatest contaminant and less agricultural and industrial activity after the war.
- Unknown consequences yet exist for soil, surficial, groundwaters and air now from toxic matters, which were storage in military, abandoned and mined facilities in ex airports and tunnels of Željava and Udbina.

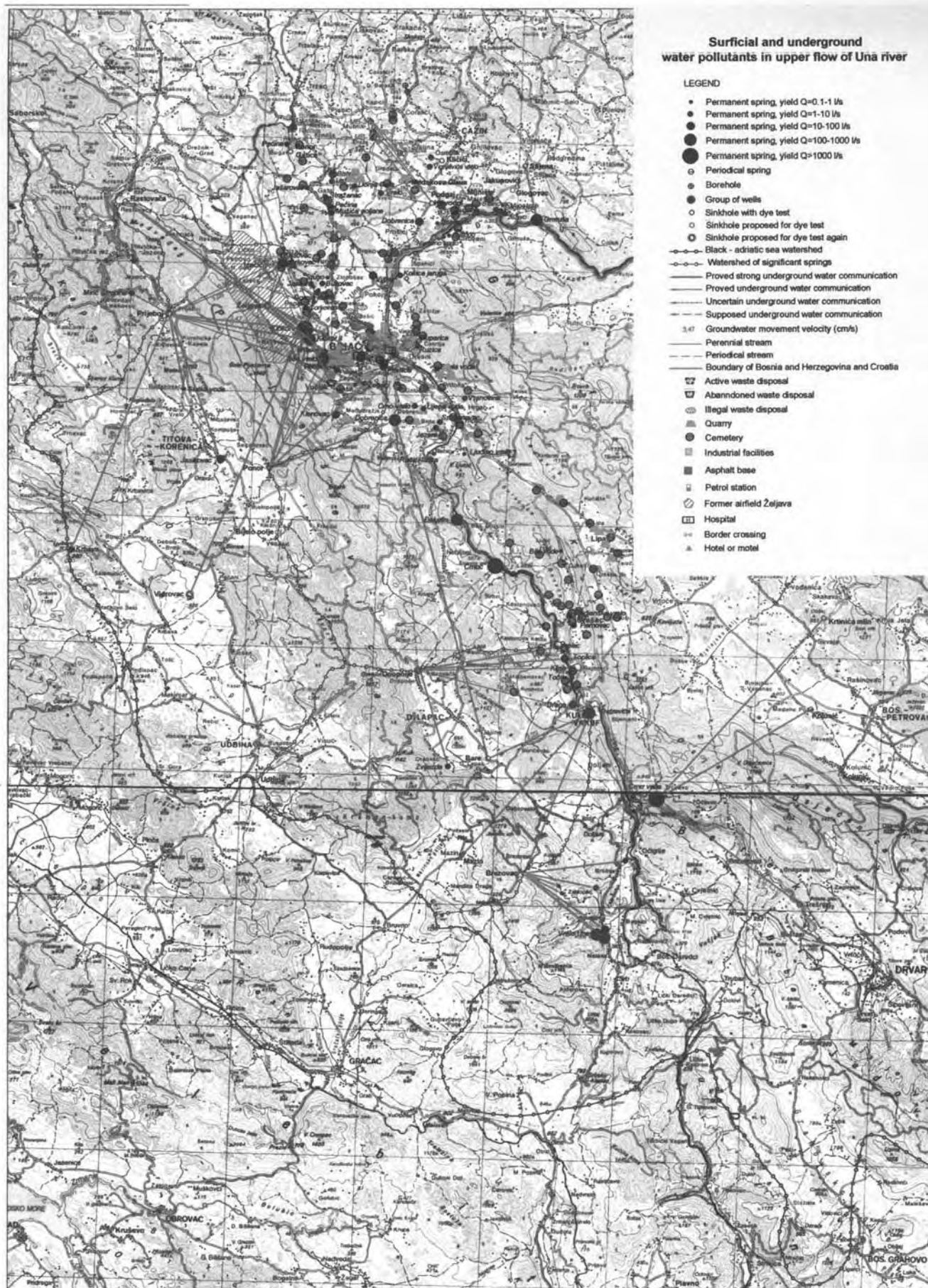
Very danger unpredictable and incident contaminants are specially sinkholes in which is happened fast and concentrated circulation of sinking waters from karstic poljes in Lika region of Croatia as it is also from ponors in plane Željava and ex depository Vučjak of Bihać. Hence, it is practically impossible adequate and in true time intervene in captages of springs for water supply.

- The protection and recovery measures of pollutants particularly in 4 mentioned springs by adequate projects of protection were defined, which need prompt implementation.

Surficial and underground water pollutants in upper flow of Una river

LEGEND

- Permanent spring, yield $Q=0.1-1$ l/s
- Permanent spring, yield $Q=1-10$ l/s
- Permanent spring, yield $Q=10-100$ l/s
- Permanent spring, yield $Q=100-1000$ l/s
- Permanent spring, yield $Q>1000$ l/s
- Periodical spring
- Borehole
- Group of wells
- Sinkhole with dye test
- Sinkhole proposed for dye test
- Sinkhole proposed for dye test again
- Black - adriatic sea watershed
- Watershed of significant springs
- Proved strong underground water communication
- Proved underground water communication
- Uncertain underground water communication
- Supposed underground water communication
- 3.47 Groundwater movement velocity (cm/s)
- Perennial stream
- Periodical stream
- Boundary of Bosnia and Herzegovina and Croatia
- Active waste disposal
- Abandoned waste disposal
- Illegal waste disposal
- Quarry
- Cemetery
- Industrial facilities
- Asphalt base
- Petrol station
- Former airfield Željeza
- Hospital
- Border crossing
- ▲ Hotel or motel



Physical-chemical characteristics of waters

We tried to clarify the fluctuations of some macrocomponents and toxic matters in springs and surficial waters, which have causes in lithological and dynamic characteristics during the hydrologic year in several watersheds of springs.

Oscillations of macro and micro components in springs waters indicate the existence of cyclic trends stipulated by hydrometeorologic regime (summer and winter – drought and spring and autumn – rainy period). All spring waters belong one year hydrologic cycle with fast velocity of sinking waters i. e. small mean residence time of infiltrational surficial waters.

- Physical and chemical analyses of springs Klokot, Privilica, Ostrovica and Toplica made by Partners No 001 and No 003 in 2003 and 2004. satisfy current regulations for public water-supply drinking waters in BiH, until NH_4 , NO_2 i HPO_4 in analyses of Partner No 006 are only occasionally over maximal permitted concentrations.
- Physico-chemical analyses of all tapped springs in Bihać region made by Public health institute – Bihać in 2003 and 2004 satisfy present regulations,
- State of quality of all tapped karstic springs after the war according to numerous toxic parameters was improved, therewith it is a little number of analyses after the war, until the state of other components is in order of magnitude as it was before the war or with more less content i.e. it is favourable.

Bacteriology of waters

Registered specieses of bacteria of fecal origin are evident proofs of human impacts on these waters and it is constantly present the danger for health of users and the possibility of appearance of hydric epidemics. The fast flow of sinking waters in karstic devide area toward springs makes the possibilities of autopurification of groundwaters are weak and insufficient, and in this way polluted waters are transmitted in long distances.

Bacteriological findings are typical for waters of karstic regions, which are believed primarily polluted. Springs waters show fresh and older faecal pollution, what is not unusual, because in watersheds is not performed regularly the disinfection of waste waters and disposal of various waste matters (human faecales, barn compost, animal carcasses).

- One cannot to see the clear difference between bacteriological characteristics of waters before and after the war, conclusion from its results the state of protection is very similar in both periods and there is no any improvement of quality of springs waters after the war,
- Hygienic uncertainty of springs in different hydrologic conditions is evident i.e. the need of conditioning and permanent disinfection of waters before delivering to water-supply system,

Comparison of quality of sinking waters of Koreničko polje to spring waters of Klokot and Privilica (both springs have direct connection from sinkholes of Korenička rijeka) were registered appreciably less pollution than in Korenička rijeka, which is recipient of all wastewaters. This means the significant transformation of pollution - partial but not complete auto purification of sinking waters flows through karstic media from Korenica to Klokot and Privilica. Treatment of waste and faecal waters in Korenica is not yet performed; any improvement in this sense will surely advantage quality of waters in all springs near Bihać.

- One can suppose that it exists more intensive autopurification of waters from far karstic poljes like Kravsko in Lika province with less velocities of groundwater circulations.

Surficial waters - classification of waters of Una river

- Waters of Una river in all observed sites in 2003. and 2004., worked by IRB Zagreb and University Barcelona, belong to Ist class. One exception is only water in Orljani of IRB from I/2004, which pertains to III class because of increased amount of ammonia.

Analyses of Bihać faculty for Una river from 2004. show I class except in II/2004. in Vrkašić and in V/2004. in Orljani, when the waters belong to II and III class because of decreased saturation of oxygen and increased content of ammonia.

- Biomonitoring shows the following: waters of Unac river –Drvar belong to II class toward both classification and they are the most polluted. Una-Martin Brod is clean water and belongs to I class until in Kulen Vakuf belongs to II class because of inflow of wastewaters of Unac tributary. Una river in Kralje and Kostela downstream of Bihać is less impure than in Kulen Vakuf because of autopurification of waters in the course from Kulen Vakuf to Bihać. It means also the pollution from town Bihać is not so large as it is in Drvar.

Klokot river has also clean water what one can expect, what was proved by chemical monitoring for the same period of sampling cited above also .

One can see a good accordance of physical and chemical characteristics of surface waters according to BiH and EU standards.

Protection, application and monitoring of waters

- Valuable protection of springs for water-supply and Una river is not possible carry out without evaluation of purification of waste waters of Bihać and other places in Cro and BiH, industry, solving of illegal waste deposits, sanitation of terrain where they were these deposits, realization of waste

deposits with all technological-sanitary measures, exploitation of quarries with as soon as possible less harmful consequences and preventing of uncontrolled usage of various protection means in agriculture, regular guidance with forests, restitution of control and inspection surveillance in whole watersheds areas of springs.

- Waters as the natural renewable resources have polyvalent application and they can be used in different economic, touristic, sport, recreation facilities, if the all conditions of protection are fulfilled.
- Real assessment of polyvalent usage of waters is limited by low degree of investigation of numerous characteristics of waters and practicality of nonexisting of monitoring of surficial and ground waters.
- Surficial and ground waters should be polyvalently used whenever it is technical possible and economical justifiable; in this purpose research and protect in complex way.

MEASURES TO SOLVE THE AMBIENTAL POLLUTION AND TASKS FOR FURTHER RESEARCHES OF BIHAĆ AREA

Basic conditions of protection of surficial and ground waters

Ground waters will be in this region in the future also, as it is now, the most important resource for water supply of inhabitants not only in BiH, but likewise for neighborhood areas of Croatia also. Utilization of waters is very close connected to degree of investigation and only by knowing complex of all characteristics of waters, we can determine optimal regime of usage and polyvalent application. Because of that it is necessary to investigate the regime, balance, reserves, quality, protection of springs and aquifers for the purpose of optimal and rational utilization of waters. The protection of springs is not solved neither in narrow zones nor in broader parts of drainage areas, and it is necessary implement the projects of protection in the terrain.

The war circumstances jeopardized the aquifers and it is necessary the registration the present situation and defining the elements of protection. After cuts of forests, devastation of terrains and destroying facilities, destruction and burning of houses, depositing of different harmful and toxic materials we must to plan and realize the protection of intake structures and drainage areas (in 1995. in B&H 32% microbiological and 42% chemical analyses were out of order).

Priorities of investigations are determined to needs for waters and jeopardize of aquifers in the places where the biggest consumption of waters exists.

The base for the solution the problems of oversize and uncontrolled pollution of environment, surface and ground waters and finally of Una river should fulfill the following requests:

- the protection should lead in all levels – from local via cantonal, federal, state to international with simultaneous creation of appropriate laws and standards,
- creation of conditions for application preventive, local, sanitation and rehabilitational measures for enable of implementation of all accepted projects, particularly of protection,
- intensify of hydrogeological investigations for assure indispensable backgrounds in all levels of needs, especially in watersheds of all significant karstic springs,
- record matter of facts state for the aim of identification of degree of imperilness in terrains affected by pollution for undertaking concrete actions,
- training of referent laboratories for comprehensive annalyses for fast interventions in terrain,
- establish the interstate agreement between authorities of Croatia and BiH in the aim of the acquirement of adequate protection of waters (the regulations of protection are now different in both countries),
- define the bases for polyvalent, phase and intensif and sustainable utilization of waters and testing the new possibilities of applications of these resources.

The measures are of fundamental, detailed and processed character.

Fundamental – initial works

- to implement legal regulations in domain of investigations, exploitation and protection of waters,
- to continue the broken work on Basic hydrogeological map of BiH, 1:100,000,
- to form and permanently update geological and hydrogeological information system,
- working out of balance of groundwaters every 4 year,
- inauguration of complex and continual monitoring of surface and groundwaters,
- making of protection projects of water-supply springs,

Detailed – current works

Monitoring of quality of waters

- establish land register of pollutants and to insure the observation, annalises and assessment of state of environment,
- practise iterative oversights of state of ambient pollution i.e. of recipient – Una river, control of activity in watersheds of springs,

Waste waters

- correct solving of disposition of waste waters, especially in settlements with sewage network, what necessitates the construction facilities for purification of waste waters
- right solving of deposition of waste waters, especially in settlements with sewage network,
- further extension of sewage network, augmentation of number of inhabitants and industry,
- building and permanent surveillance on improvement of work of facilities for primary purification of waste waters above all of industry in aim of decrease of toxic load of pollution of Una river,
- keep records of all firms which should purify the waste waters.

Pollutants

- prenent waste deposits in watersheds of springs should be dislocated immediately and ground recover; other deposits must fulfill assigned sanitary-technical conditions,
- the quarries exploit with as soon as less harmful consequences,
- investigate the influence of very dangerous pollutants as they are military facilities in Željava, Udbina and Vučjak depository,
- establish the new sanitary waste deposits, which locations must be such that the possibility of any contamination of surface and ground waters should be absolutely prevented,
- prohibit uncontrolled usage of various protection means in agriculture – pesticides, biocids and others on the basis fenols, heavy metals etc.,

Water-supply springs

- renovate the intake structures by adequate reconstruction and rehabilitation,
- implement projected measures in protection zones of springs,
- perform protection projects for all water-supply springs and assure their permanent implementation in terrain directly,

Development works

- carry out dying tests until nontraced ponors, which are significant for confining of watersheds of springs and determining of hydrodynamic characteristics and protection zones (Mazin, Udbina, Donji Lapac, Bjelo polje, Lipa, Mlinište, Izačić),
- investigation of potential springs for bottling of waters for export,

- examine the possibility of increasing of yields in present intake structures by drawdown of overflow levels,
- programing of new locations for water-supply by carring out of ge
- programiranje novih lokacija za zahvatanje voda provođenjem geoloških, hidrogeoloških, geofizičkih istraživanja te istražnih i eksploatacionih bušenja,
- istražiti i zahvatati mineralne, termalne i termomineralne vode.

Protection measures and steps of recovery of the whole watersheds of springs Klokot and Privilica

- liquidate all illegal waste deposits, clean the grounds and prevent new setup of wastes,
- purify sanitary waste waters of cross board Izačić and carry out biological treatment of waste waters, meteoric waters send to oil and fat separator,
- examine present state of ex military airport Željava and propose the recovery measures,
- revovery of ex waste deposit Vučjak and prevent further putting of waste and emission of filtrate toward groundwaters,
- prohibit the emissions of nonpurified industrial and sewages waters inside of watershed, especially their concentrated runoff; it is related to ponor Rastovača in Plitvice and ponors in Koreničko polje,
- recovery of settlements which threaten at most the springs, particularly those in vicinity of ponors which communicate toward these springs,
- duly maintain forrests roads and prevent service of machinery in watershed of Klokot, lead and cultivate sanitary measures of cuts of forests,
- establish monitoring quality of perennial and periodical streams,
- make and implement project of special control of activity in watershed,
- install the inspection control in devide area.

Protection measures and steps of recovery of the whole watersheds of springs Ostrovica and Toplica

- liquidate all illegal waste deposits, clean the grounds and prevent new setup of wastes,
- build facilities for treatment of waste waters (farms, villages etc.),
- septic holes should satisfy higienic-technical presumptions,
- craftsmanship of impermeable sewage in purpose of collection and treatment of waste waters in villages Klisa, Demirović brdo, Poljica which threaten spring Toplica,

- repair sewage system of Donji Lapac and purify its waste waters,
- duly maintain forrests roads and prevent service of machinery in watershed of Ostrovica, lead and cultivate sanitary measures of cuts of forests,
- establish monitoring quality of perennial and periodical streams,
- make and implement project of special control of activity in watershed,
- install the inspection control in devide area.

REFERENCES

- Federacija Bosne i Hercegovine (1994). Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, "Službeni list RBiH", broj 2/92 i 13/94, "Službeni list SFRJ", broj 33/87 i 13/91.
- Federacija Bosne i Hercegovine (1994). Uredba o kategorizaciji vodotoka, "Službeni list RBiH", broj 2/92 i 13/94, "Službeni list SR BiH", broj 42/67.
- Federacija Bosne i Hercegovine (1994). Uredba o klasifikaciji voda i voda obalnog mora Jugoslavije u granicama Socijalističke Republike Bosne i Hercegovine, "Službeni list RBiH", broj 2/92 i 13/94, "Službeni list SR BiH", broj 19/80.
- Federacija Bosne i Hercegovine (1998). Pravilnik o vrstama, načinu i obimu mjerenja i ispitivanja iskorištene vode, ispuštene otpadne vode i izvađenog materijala iz vodotoka, "Službene novine FBiH", broj 48/98.
- Federacija Bosne i Hercegovine (1998). Zakon o vodama, "Službene novine Federacije BiH", broj 18/98, str. 2297-2302.
- Federacija Bosne i Hercegovine (2003). Zakon o zaštiti voda, "Službene novine Federacije BiH", broj 33/03, str. 1567-1584
- Federacija Bosne i Hercegovine (2003). Zakon o zaštiti okoliša, "Službene novine Federacije BiH", broj 33/03, str. 1592-1623
- Federacija Bosne i Hercegovine (2003). Zakon o zaštiti prirode, "Službene novine Federacije BiH", broj 33/03, str. 1639-1652
- Federacija Bosne i Hercegovine (2002). Pravilnik o uslovima za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta voda koje se koriste ili planiraju da koriste za piće, "Službene novine Federacije BiH", broj 51/02.
- Francuska nacionalna ekspedicija (2003). Izvještaj o rezultatima podvodnog ispitivanja vrela Klokot.
- Geoinženjering Sarajevo (1972). Regionalna hidrogeološka istraživanja sliva rijeke Une, Sarajevo. Geoinženjering Sarajevo, OOUR Geoinstitut Sarajevo-Ilidža (1987). Studija geoloških, seizmotektonskih, geomorfoloških, hidrogeoloških i inženjerskogeoloških istraživanja terena Unsko-sanske regije. Sarajevo.
- Geoinženjering Sarajevo, OOUR Institut za hidrogeologiju i hidrotehniku Ilidža (1985). Prostorni plan Opštine Bihać: Studija geoloških, hidrogeoloških, inženjersko - geoloških i seizmotektonskih karakteristika terena i njihovog uticaja na usloveprostornog i urbanog planiranja na teritoriji Opštine Bihać. Sarajevo.

- Geoinženjering Sarajevo, OOUR Geoinstitut Sarajevo-Ilidža (1987). Studija geoloških istraživanja Unsko-sanske regije: Geološka, seizmotektonska, geomorfološka, hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja terena područja Opštine Bihać, Sarajevo.
- Geološki zavod Zagreb, OOUR za inženjersku geologiju, hidrogeologiju, petrologiju i mineralne sirovine (1986). Prospekcija i preliminarna istraživanja speleoloških objekata na području izvorišta Klokot. Zagreb.
- Grupa autora, 1969.: Geologija i hidrogeologija sliva rijeke Save. FSD Direkcija za Savu. Zagreb
- Grupa autora, 1969.: Hidrogeološka karta - Jugoslavija – Regulacija i uređenje rijeke Save. Zagreb
- INA-Projekt Zagreb, OOUR Kompleksna geološka istraživanja (1984). Hidrogeološki istražni radovi sa svrhom određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta Klokot, II faza. Zagreb.
- INA-Projekt Zagreb, OOUR Kompleksna geološka istraživanja (1985). Zaštita izvorišta Klokot kod Bihaća, Zone sanitarne zaštite (dopuna), faza III. Zagreb.
- INA-Projekt Zagreb, OOUR Kompleksna geološka istraživanja (1985). Zaštita izvorišta Klokot i Privilica kod Bihaća, Kvaliteta voda – faza III. Zagreb.
- INA-Projekt Zagreb, OOUR Kompleksna geološka istraživanja (1986). Zaštita izvorišta Klokot, Privilica, Ostrovica i drugi, Faza IV. Zagreb.
- INA-Projekt Zagreb, OOUR Kompleksna geološka istraživanja (1987). Zaštita izvorišta Klokot, Privilica i Žegar kod Bihaća, Dopunski hidrogeološki i sanitarno- istražni radovi, Faza V. Zagreb.
- INA-Projekt Zagreb, OOUR za kompleksna geološka istraživanja (1984). Zaštita izvorišta Privilica kod Bihaća, Hidrogeološki istražni radovi. Zagreb.
- INA-Projekt Zagreb, Odjel geološka istraživanja (1989). Zaštita izvora rijeke Une, Hidrogeološki i sanitarno-tehnički radovi, I faza, Zagreb.
- INA-Projekt Zagreb, OOUR Kompleksna geološka istraživanja (1984). Zaštita izvorišta "Ostrvica" kod Kulen Vakufa, Hidrogeološki istražni radovi, Zagreb. Industroprojekt Zagreb, OOUR za kompleksna geološka istraživanja (1982). Zaštita izvorišta Klokot kod Bihaća Hidrogeološki istražni radovi – I. faza. Zagreb.
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (1976). Hidrološka studija rijeke Save, Beograd.
- Institut za hidrotehniku Sarajevo, 2004.: Projekat zaštite izvorišta Ostrovica i Toplica, općina Bihać
- Institut za hidrotehniku Sarajevo, 2004.: Projekat zaštite izvorišta Klokot i Privilica, općina Bihać
- Ivković, A. et al., 1983.: Tumač za hidrogeološku kartu SFRJ. SGZ – Beograd
- Josipović, J., Atanacković, M., 1968: Hidrogeologija slivnog područja rijeke Save na teritoriji BiH. Sarajevo
- Kantonalno ministarstvo za građenje, prostorno uređenje zaštitu okoline Bihać, Izvještaj okoliša na području za 2002/03 god. Bihać, 2003.god.
- Komatina, M., Miošić, N. et al., (1980): Hidrogeološka karta SFR Jugoslavije, 1:500,000. Savezni geološki zavod - Beograd
- Lačević, V., (1997): Pregled stanja vodoprivrednih komunalnih sistema, Savjetovanje "Gospodarenje vodoprivrednim komunalnim sistemima", Cazin 22-23. III 1997.
- Javno vodoprivredno preduzeće "Vodoprivreda" - Sarajevo, p. 29 – 35

- Ličko-senjska županija, Županijski zavod za prostorno planiranje, razvoj i zaštitu okoliša (2002). Prostorni plan Ličko-senjske županije, "Županijski glasnik Ličko-senjske županije", broj 16/02, 17/02, 19/02 i 24/02, Gospić, Hrvatska.
- Minčir Ž., Grgaš T. (1972). Kompleksna hidrogeološka istraživanja izvorišta Ostrvica kod Kulen Vakufa, Zagreb. Općina Bihać (1994). Odluka o prostornom uređenju područja opštine Bihać. "Službeni glasnik opštine Bihać", broj 12/77, 8/78, 7/79, 9/81, 23/88, 24/89, 10/90, 16/92, 25/94.
- Miošić, N., 1977.: Pregledna hidrogeološka karta, 1:200,000 Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut - Sarajevo
- Miošić, N., 1977.: Tumač Pregledne hidrogeološke karte, 1:200,000 i 1:500.000 Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut - Sarajevo
- Miošić, N., 1977.: Karta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH 1:200.000 F.S.D. "Geoinženjering" Sarajevo
- Miošić, N., 1977.: Tumač Pregledne karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH 1:200.000 i 1:500.000. F.S.D. "Geoinženjering" Sarajevo
- Miošić, N., 1978.: Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH F.S.D. "Geoinženjering" Sarajevo
- Miošić, N., (1984): Osnovne karakteristike podzemnih voda Bosne i Hercegovine Zbornik referata VIII - Jugoslovenskog simpozija o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji - Budva.
- Miošić, N. 1989: Geotermalna karta Bosne i Hercegovine s tumačem. FSD Geoinstitut" Sarajevo
- Miošić, N. 1989.: Tumač Geotermalne karte Bosne i Hercegovine. FSD "Geoinstitut" Sarajevo
- Miošić, N., (1996): Pitke, mineralne, termalne i termomineralne vode Unsko – sanskog kantona. U „Mogućnost i perspektiva razvoja Unsko – sanskog kantona na bazi prirodnih mineralnih sirovina". Unsko-sanski kanton- Ministarstvo industrije, energetike i rudarstva, Zavod za geologiju - Sarajevo
- Miošić, N., (1996): Fresh, mineral, thermal and thermomineral waters of Una – Sana canton. In: "Capacities and perspectives of development of Una – Sana canton on the basis of natural mineral resources". Una – Sana canton - Ministry of Industry, Power and Mining, Institute of geology Sarajevo
- Miošić, N., (2000 - 2001): Podzemne pitke, mineralne, termalne i termomineralne vode Unsko - sanskog kantona, Bosna i Hercegovina. Bilten Speleološkog društva "Bosansko – hercegovački krš" - Sarajevo
- Miošić N., Čičić S. 1983: Istraživanje mogućnosti korištenja geotermalne energije u BiH Studija SIZ nauke BiH – Sarajevo
- Miošić, N. Hrustanpašić, D., Lutvić, A, Krušić, I. 1983: Izvještaj regionalnih istraživanja geotermalne energije Bosanske Krajine za 1982/83. god. FSD "Geoinženjering" – Sarajevo
- Miošić N., Lutvić, A, Papeš, J., (1984): Izvještaj o rezultatima istraživanja Geotermalne energije Bihaćkog basena za 1983/84. godinu. FSD Zavod za geologiju - Sarajevo.
- Miošić, N., Skopljak, F., Turalija, A., 1997.: Program hidrogeoloških istraživanja mineralnih voda u okolini Orašca kod Kulen Vakufa. FSD Zavod za geologiju - Sarajevo
- Općina Bihać (1994). Odluka o prostornom uređenju područja opštine Bihać. "Službeni glasnik opštine Bihać", broj 12/77, 8/78, 7/79, 9/81, 23/88, 24/89, 10/90, 16/92, 25/94.

- Općina Bihać, Služba privrednih djelatnosti (2003). Podaci o broju stanovnika, broju stoke, pregledu površina po kulturama i važniji industrijski zagađivači u slivu,
- Polšak, A. et al., 1978. Osnovna geološka karta i tumač lista Bihać, 1:100,000. Savezni geološki zavod Beograd
- Poljoprivredni zavod Unsko-sanskog kantona (2003). Podaci o poljoprivrednoj proizvodnji na području USK; Podaci o pedološkim karakteristikama i kontaminiranosti zemljišta na području USK, podaci dostavljeni u toku izrade projekta zaštite.
- Privredna komora Unsko sanskog kantona, 2003. Katalog privrede Unsko-sanskog kantona Bihać
- Programski ured Bihać 2000. Program vodosnabdijevanja i sanitacije u Unsko – Sanskom kantonu, Bosna i Hercegovina.
- Republički hidrometeorološki zavod Hrvatske (1983). Izvještaj za hidrološke radove u 1982. i 1983. godine na izvoru Klokot, Zagreb.
- Savezni hidrometeorološki zavod (1968). Atlas klime Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, Vojnogeografski institut, Beograd.
- Slišković, I., 1973.: Regionalna hidrogeološka istraživanja sliva rijeke Une. FSD Zavod za geologiju Sarajevo
- Slišković, I., (1983): Hidrogeološka rajonizacija i bilans podzemnih voda u pukotinskim i karstno pukotinskim masama BiH. FSD Zavod za geologiju - Sarajevo.
- Slišković, I., 1991.: Hidrogeološki odnosi u čvrstim stijenama Bosne i Hercegovine. Disertacija. Univerzitet Zagreb, 205 p.
- Slišković, I., Miošić, N., (1982): Bilans podzemnih voda Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut Sarajevo
- Slišković, I., Plavkić, J., Miošić, N., (1985): Bilans podzemnih voda Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut-Sarajevo
- Slišković, I., Plavkić, J., Miošić, N. (1990): Bilans rezervi podzemnih voda na teritoriji RBiH za 1989. godinu. FSD Zavod za geologiju – Sarajevo
- Službeni list SFRJ broj. 3/66 i 7/66. Pravilnik o opasnim materijama koje se nesmiju unositi u vode.
- Službeni list SFRJ broj. 33/87 i 13/91. Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće.
- Šušnjar M., Sokač B., Bahun S., Bukovac J., Nikler I., Ivanović A. (1976). Osnovna geološka karta 1:100.000, list Udbina, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Beograd.
- Šušnjar M., Bukovac J. (1979). Osnovna geološka karta 1:100.000, list Drvar, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Beograd.
- Vodoprivreda BiH, 1989.: Hidrogeološki katastar BiH, 1987, 1988, 1989, FSD R. O. „Vode BiH“- Sarajevo

GEOLOŠKA GRAĐA I STEPEN ISTRAŽENOSTI LEŽIŠTA LIGNITA KONGORA KOD TOMISLAVGRADA

SAŽETAK

Tomislavgradski (Duvanjski) neogeni ugljonosni bazen ima dvije vrste ugljena, i to: ležište mrkog ugljena, u sjevernom dijelu bazena, na području Eminovog sela i ležište lignita u južnom dijelu bazena, na području Kongore.

Ležište lignita „Kongora“ smješteno je u jugoistočnom dijelu duvanjskog polja, na nadmorskoj visini od oko 870 m. Obod ovog dijela bazena izgrađuju jurski, kredni i eocenski, pretežno vapnoviti sedimenti, a polje neogene i kvartarne tvorevine.

U ovom radu je prikazana je geološka građa i stepen istraženosti ležišta lignita „Kongora“, u kome su skoncentrirane velike i značajne mase lignitnog ugljena. Ležište ima površinu od 4 km² u kojem su locirana tri ugljena sloja (glavni sloj, međusloj i krovinski ugljeni sloj).

Ključne riječi: neogeni ugljeni bazen, stepen istraženosti, ugljeni sloj, ležište, istraženost ležišta,

UVOD

Ugalj ležišta „Kongora“ pripada grupi slabo kvalitetnih lignita, niskog stepena karbonizacije. I pored dosta zadovoljavajućeg stepena geološkog poznavanja ležišta „Kongora“, prostorno veliki duvanjski ugljeni bazen, ipak nije dovoljno istražen.

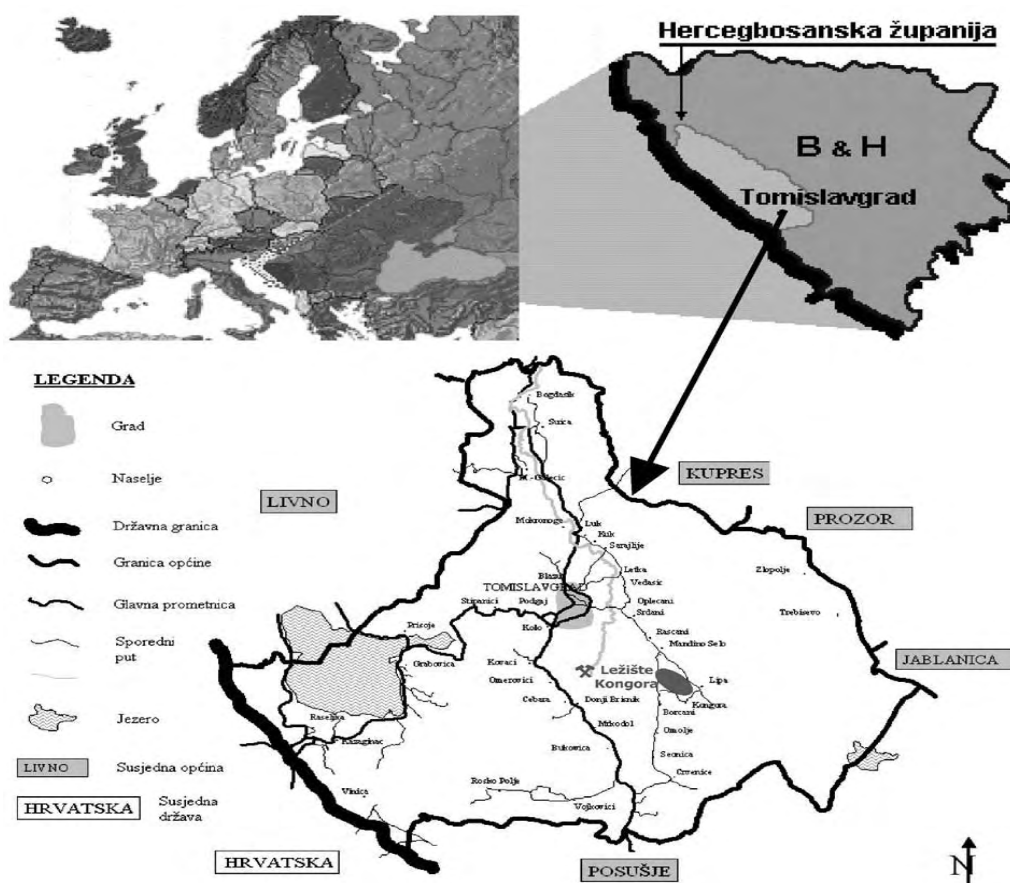
S obzirom na veoma značajan i sigurno utvrđen sirovinski potencijal te mogućnost proširenja postojeće sirovinske baze, predmetno ležište lignita „Kongora“ ima poseban značaj za perspektivni razvoj eksploatacije lignita i njegovu uporabu u termoenergetske svrhe.

Pored utvrđenih zaliha sigurno je definisana i kakvoća lignita na više stotina analiziranih uzoraka koji vode podrijetlo iz jezgrenog materijala bušotina, kao i istražnih raskopa.

¹ Dr. sc. Hamo Isaković, docent, RGGF Tuzla

² Josip Marinčić, dipl.inž.geologije, Elektroprivreda Hrvatske Zajednice Herceg-Bosna, Mostar

Utvrđena prosječna kakvoća ugljenih slojeva iznosi 7.425 kJ/kg, i uklapa se u kakvoću ugljena koji može zadovoljiti buduća kotlovska postrojenja. Na osnovu utvrđenih granica površinskog rasprostranjenja, kao i rezultata istraživanja u ležištu „Kongora“, u sva tri ugljena sloja utvrđeno je 227 miliona tona ugljena.



Slika 1. Pregledna karta makrolokacije ležišta Kongora

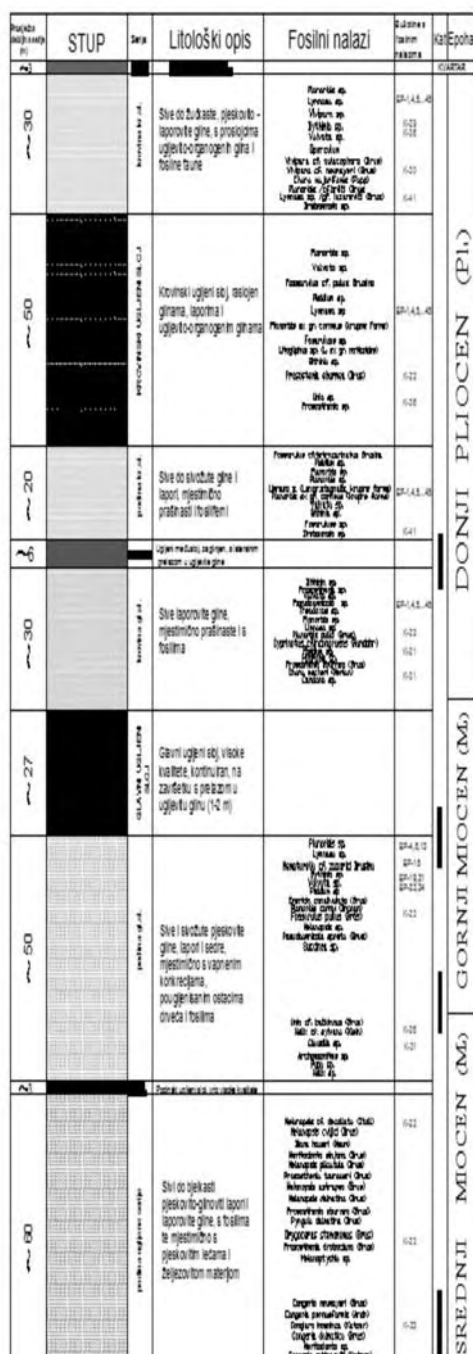
1. GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA KONGORA

Duvanjski ugljeni bazen, u geotektonskom smislu, spada u predio koji obuhvaćaju Vanjski Dinaridi. Formiranje ovog kompleksa vršeno je krajem eocena i u oligocenu, tokom pirinejske orogene faze.

Spominjanje ovih faza je neophodno, kako bi se dobila slika o uvjetima stvaranja neogenskih bazena u kasnijem periodu. Posebno pirinejska faza je imala osnovni uticaj na formiranje Dinarida i orijentaciju današnjih bazena, koji u cijelosti zauzimaju dinaridski smjer pružanja. Izdizanjem Dinarida stvaraju se rubna korita, koja se od najgornje krede do gornjeg eocena, zatrpavaju materijalom, iz kojega su nastale flišne naslage zapadne Bosne, Hercegovine i Dalmacije.

Krajem eocena i u oligocenu već postoje dijelom izolirani bazeni, gdje se talože promina naslage. Negdje je taloženje kontinuirao, kao što je slučaj u istočnoj Hercegovini, a drugdje, npr. u području Livna i Tomislavgrada, u međuvremenu je došlo do prekida sedimentacije.

Maksimum elevacije pirinejske faze, koji pada u oligocen, konačno je prekinuo sedimentaciju i zadržanih ostataka Tetisa, nakon čega, u donjem miocenu, započinje nova, slatkovodna sedimentacija, kada dolazi do stvaranja slojeva mrkog ugljena (Glamoč, Livno, Duvno, Mostar). Obzirom na paleontološke i litološke karakteristike ugljene zone,



Slika 2. Geološki stup ležišta „Kongora“

pa i nešto viših dijelova neogenskog kompleksa, spomenuti bazeni su bili u neposrednoj vezi, na što ukazuju i rezidualni ostaci kod Vira, Posušja i dr. Do izoliranja bazena najvjerojatnije dolazi sa štajerskom orogenom fazom. Ova faza je vjerojatno imala i bitnog utjecaja na diskordantno taloženje bijelih lapora u Duvanjskom bazenu.

Taloženjem kompleksa bijelih lapora završava se sedimentacija karbonatnih tvorevina miocena. Ovi sedimenti zahvatali su prostor čitavog Duvanjskog polja. Na istoku su sezali do Liba i Šaraca. Nakon toga slijedi, mjestimice kontinuirano, taloženje pjeskovito-glinovitih i laporovitih sedimenata sa ugljenom, koji zahvaćaju područje Glibina i Prosina do Liba (sužavanje sedimentacijskog prostora). Spuštanjem predjela prema Kongori i Lipi, dolazi do emerzije, i u toj sredini, počeci stvaranja sinklinale Kongora, talože se debele naslage lignita. Ova naslage na istoku naliježu neposredno na osnovno gorje, koje ovdje čine kredne i eocenske tvorevine. Daljim izdizanjem Liba, pri završetku sedimentacije ugljonosnog horizonta, vjerojatno se zatvara i definitivno izolira istočni dio sinklinale Kongora, čija egzistencija zapunjavanje prestaje.

U strukturno-tektonskom pogledu, prema dosadašnjem poznavanju, ležište Kongora izgrađuje brahisinklinalu, koja se približno proteže u smjeru istok-zapad. Sinklinala je duga 4 km, a široka, u središnjem dijelu 2 km. Antiklinalnim povijanjem pravcem Lib-Gradina, ova sinklinala je razdvojena u dvije sekundarne sinklinale. Pravac ose istočnog dijela je sjeverozapad-jugoistok, a zapadnog sjeveroistok-jugo-zapad. Najdublji dio brahisinklinale nalazi se između bušotina K-1 i K-18, gdje lignitska zona dostiže moćnost od oko 400 m. Slojevi su blago nagnuti, između 10^0 i 20^0 . Međutim, na sjevernom i južnom obodu ležišta, nagib dostiže i 25^0 , rijetko više.

Idući prema zapadu od ležišta Kongora, primjećuje se blago povijanje slojeva, sa antiklinalnim i sinklinalnim strukturnim oblicima.

2. STEPEN ISTRAŽENOSTI LEŽIŠTA LIGNITA KONGORA

Obzirom na strukturni model, način zalijeganja ugljenih slojeva i cilj istraživanja, osnovni način istraživanja ležišta Kongora je zasnovan na strukturnom bušenju sa jezgrovanjem i dodatno sa raskopima.

Koncepcija i metodologija su prilagođeni geološko-strukturnim uslovima istraživanja, a programski su postavljeni tako, da se na racionalan način postigne geološka efektivnost ulaganja u ostvarenju postavljenih zadataka i to:

- da se projektirani radovi maksimalno uklope u već postojeće istražne radove,
- da se dobiju podaci o zalijeganju, kvantitetu i kvaliteti ugljenih slojeva,
- da se dobiju podaci o geomehaničkim i hidrogeološkim karakteristikama ugljena i pratećih sedimenata.

U tom cilju izbušeno je 46 istražnih bušotina i 5 raskopa (na izdanačkoj zoni glavnog ugljenog sloja, međusloja i krovnog ugljenog sloja) s ciljem da se istražnim bušotinama nabuše sva tri ugljena sloja (glavni, međusloj i krovni ugljeni sloj). Bušotine su izbušene prema pozicijama naznačenim na situacijskoj karti 1:10.000 (Slika 4.), idući od sjeverozapada prema jugoistoku (područje stare istražne bušotine K-26).

Ležište lignita Kongora je predmet istraživanja još od pedesetih godina prošlog stoljeća. U tabeli 5 je prikazana hronologija izrađenih istražnih bušotina:

Tablica 1.

Vrijeme izvođenja	Broj bušotina	Oznake bušotina	Probušenje m,
1956-1957	6	K-1,2,3,16,17,18	1.519,43
1975-1977	25	K-21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45	3.960,45
2007	49	EP-1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46 BTTP-3,3A,3B	6.039,50
UKUPNO			11.519,38

Ukupno je izbušeno 80 istražnih bušotina sa probušenjem od 11.519,38 m.



Slika 2. Bušaći strojevi



Slika 3. Detalj jezgre

Na ležištu „Kongora“ predmet istraživanja su tri ugljena sloja i to: glavni ugljeni sloj, međusloj i krovni ugljeni sloj. Od broja navedenih istražnih bušotina, na sva tri navedena ugljena sloja koji imaju strukturni karakter, 8 bušotina je imalo hidrogeološki karakter, a na 9 bušotina su izvršena geomehanička ispitivanja (EP-1, EP-8, EP-12, EP-18, EP-21, EP-23, EP-31, EP-40, BTPP-3) . Na bušotini BTPP-3 izvršena su geomehanička i hidrogeološka ispitivanja kao podloga za eventualnu lokaciju buduće termoelektrane i prihranjivanja na kontaktu pliocena i temeljnog gorja. Također i bušotine EP-34 i EP-46 imale su hidrogeološku funkciju kontrole prehranjivanja podzemnom vodom sa temeljnim gorjem.

Istražno bušenje je izvedeno mašinskom bušačom garniturom sa jezgrovanjem duž cijele bušotine uz obavezno vađenje jezgra. Ukupno je izbušeno 6.039,50 metara jezgrenog materijala.



Sl.4. Situacijska karta istražnog područja sa položajem istražnih radova I i II faze M=1:10.000

Detaljno kartiranje jezgra bušotine vršilo se na terenu, pri čemu su obrađene sve izvedene bušotine, bez obzira kojoj su vrsti ispitivanja namijenjene i u kojoj fazi istraživanja urađene. Terenska determinacija se sastojala u makroskopskom opisu strukturno-litoloških i fizičko-mehaničkih karakteristika nabušnog materijala. Na osnovu makroskopskog opisa izrađeni se pisani i grafički profili bušotina. Ovi profili su se kasnije dopunjavali podacima laboratorijskih ispitivanja uzetih proba.

Opis jezgra je bio jednoobrazan za sve bušotine na ležištu i definisao je slijedeće odlike:..

- vrste stijena koje se javljaju i njihov mineralni sastav
- strukturu i teksturu stijena,
- karakter slojevitosti,
- ispucalost stijena,
- stepen ispucalosti stijena i vrstu veziva,
- fizičko stanje stijena i uglja (raspadnutost, likvifikacija, sekundarni minerali),
- konkrecije i druge primjese u stijenama,
- karakter prijelaza iz jedne stijene u drugu (posebno kontakt ugljenog sloja sa krovinskim i podinskim materijalima),
- makroskopsku odredbu konzistencije mekih vezanih materijala,
- problem granulometrijskog sastava rastresitih stijena,
- vodno-fizičke osobine stijena i zapažene hidrogeološke značajke,
- inženjersko-geološke odlike samog ugljenog sloja.

U pogledu stepena istraženosti može se zaključiti da je, promatrano u cjelini, ležište zadovoljavajuće istraženo i da utvrđene zalihe karakterizira visok stupanj sigurnosti. Od ukupno utvrđenih bilančnih zaliha ($A + B + C_1$), čak 87 % tvore zalihe viših A + B kategorija. Ovakvi podaci predstavljaju siguran temelj za programiranje, projektiranje i izvođenje eksploatacijskih radova.

Pored utvrđenih zaliha sigurno je definirana i kakvoća lignita na više stotina analiziranih uzoraka koji vode podrijetlo iz jezgrenog materijala bušotina, kao i istražnih raskopa.

Utvrđena prosječna kakvoća ugljenih slojeva iznosi 7.425 kJ/kg, i uklapa se u kakvoću ugljena koji može zadovoljiti buduća kotlovska postrojenja.

Znatan udio potencijalnih rezervi ukazuje na mogućnost proširenja postojeće sirovinske baze i ukazuje na potrebu dopunskih istraživanja na krajnje istočnom i jugoistočnom dijelu područja.

Produktivno ugljonosno područje odnosi se i na čitovo duvanjsko polje, prostor koji graniči sa Tomislavgradom, Cikoje, Mrkodol, Mesihovina, Borčani i Kongora.

Nakon provedenih istraživanja (2007/08. godine), dobivene su sljedeće zalihe ugljena, koje opravdavaju utrošena sredstva za istraživanja:

Tablica 2

KLASA	BILANČNE REZERVE					POTENCIJAL	GEOLOŠKE
	A+B+C1						
KATEGORIJA	A	B	A+B	C1	A+B+C1	C2	
GLAVNI SLOJ	8.584	68.244	76.829	10.701	87.530	29.530	117.060.
MEĐUSLOJ	756	7.120	7.876	1.457	9.334	2.151	11.485
KROVINSKI SLOJ	3.864	58.437	62.301	9.905	72.207	24.624	96.831
UKUPNO	13.205	133.803	147.008.162	22.063.722	169.071	56.306	225.378

3. ZAKLJUČAK

Na temelju dostignutog stepena istraženosti koji uvjetuje i razinu poznavanja geološko-tektonskih odnosa i sastava ležišta, hidrogeoloških i geomehaničkih prilika i izvršene tehničko-ekonomske ocjene, mogu se izvući slijedeći opći zaključci:

- Provedenim istraživanjima su značajno dipunjena predhodna istraživanja,
- Prostor unutar eksploatacionog polja je 75% istražen do razine bilančnih rezervi (A, B i C₁) kategorije prema važećem Pravilniku,
- Dobiveni rezultati potvrđuju pretpostavke, odnosno u nekim bitnim parametrima su nešto povoljniji od pretpostavljenih (ponderirana DTV, ukupni sumpor i ukupne bilančne rezerve),
- Rezultati ispitivanja geomehaničkih i hidrogeoloških istraživanja upućuju na to da radi o radnoj sredini pogodnoj za površinsku eksploataciju uz primjenu najnovijih tehnoloških rješenja,
- S obzirom na veoma značajan i sigurno utvrđen sirovinski potencijal te mogućnost proširenja postojeće sirovinske baze, predmetno ležište lignite ima poseban značaj za perspektivni razvoj eksploatacije lignite i njegovu uporabu u termoelektrične svrhe,
- Provedenim istražnim radovima se omogućava nastavak izrade projektne i studijske dokumentacije za Rudnik i Termoelektranu "Kongora".

LITERATURA

- Čičić, S. i dr. (1977): Geologija Bosne i Hercegovine. Knjiga III. Kenozojska perida.
- Isaković, H. (1986): Geološke rezerve uglja u bugojanskom, kamengradskom i livanjsko-duvanjskom basenu. Savjetovanje o stanju i pravcima istraživanja uglja u SOUR-u „Titovi rudnici uglja Tuzli“ u Tuzli.
- Kostović, G.; Fazlibegović, J. Popović, N.; Milojević, R. (1980): Mogućnosti i pravci razvoja površinskih kopova u livanjskom i duvanjskom ugljenom basenu. Savjetovanje o stanju i pravcima istraživanja, proizvodnje i prerade uglja i njihov značaj za razvoj BiH. Zenica.
- Milojević, R. i dr. (1976): Mineralne sirovine Bosne i Hercegovine. Prvi tom. Ležišta uglja i nemetala. Geoinženjering Sarajevo.
- Milojević, R. i dr. (1978): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi lignita ležišta Kongora-Duvno. Geoinženjering. Institut za geologiju. Sarajevo.
- Raić, V., Ahac, A. Papeš, J. (1978): OGK list Imotski i Tumač za izradu OGK list Imotski
- Papeš, J. (1975): OGK list Livno i Tumač za izradu OGK list Livno
- Nuić, J., Živković, S., Tvrtković, I. (1998): Pregled, analiza i ocjena postojeće dokumentacije i program predhodnih radnji na izgradnji rudnika za „TE ZALEĐE“.
- Ostojić, Dj. (1976): Elaborat o rezultatima hidrogeoloških istraživanja na području ležišta lignita „Kongora“ –Duvno. Geoinženjering. Institut za geotehniku i hidrogeologiju. Sarajevo
- Pudelko, F. i dr. (1993): Analiza ugljenog ležišta „Kongora“ kod Tomislavgrada. Mostar-Split.
- Rheinbraun Engineering und Wasser GmbH Köln Njemačka (1998): Predizvedbena studija Integralni projekt rudnika i Termoelektrane na ležištu lignita Kongora. EP HZ HB. Mostar.
- Isaković, H. i dr. (2007): Projekat detaljnih geoloških doistraživanja ležišta lignita Kongora kod Tomislavgrada. FSD. Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla.

Mr.sc.Amira Galić, dipl.ing.geol.¹
Dr.Sc. Maja Prskalo, dipl.ing.građ.¹
Goran Glamuzina, dipl.ing.geol.²
Josip Marinčić, dipl.ing.geol.²

KOMPLEKSNA ANALIZA ZNAČAJKI PODRUČJA VODOPADA KRAVICE NA RIJECI TREBIŽAT

1. UVOD

Vodopad Kravica, sedrotvorna barijera visine i do 30 m, i širine preko 200 m, po svojoj visini i ljepoti predstavlja ne samo biser Trebižata već i čitave Hercegovine. Premda znatno manji, sedreni vodopad Stubički buk ili Mala kravica, visine do 10, a širine između 40 i 60 m, smješten oko 1000 m nizvodno od Kravice, je važno istaći kako bi se razumjela problematika stvaranja i očuvanja sedrenih barijera.

2. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ

Na udaljenosti od oko 7 km jugoistočno od Ljubuškog, na rijeci Trebižat, nalazi se vodopad Kravice, a kilometar nizvodno ponovljena, ali umanjena slika: Stubički buk ili Mala Kravica. Lokalitet na kojem su ova dva sedrena slapa pripada porječju vodotoka Tihaljina-Mlade-Trebižat, koji se najvećim dijelom nalazi na području Zapadne Hercegovine a samo manjim dijelom u Republici Hrvatskoj. Ovo područje pripada općini Ljubuški, a na jugoistoku graniči sa općinom Čapljina. Sjeverno je Čitluk i Međugorje a desetak kilometara jugozapadno od toka Trebižata je granica s Republikom Hrvatskom. Cesta Čapljina-Ljubuški proteže se lijevom obalom vodotoka i s nje vodi odvojak sve do samog slapa Kravice.

¹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

² J.P. Elektroprivreda HZHB d.d. Mostar



Sl.1.1. Zemljopisni položaj područja vodopada Kravice

3. GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE

Geomorfološka građa terena na širem istražnom prostoru je vrlo jednostavna, jer se prema genetskom porijeklu mogu izdvojiti dva osnovna tipa reljefa:

- Fluvijalni reljef,
- Krški reljef

Fluvijalni reljef je zastupljen uz korito rijeke Trebižat.

Ovaj tip reljefa nastao je procesima raspadanja matičnih stijena s okolnog osnovnog gorja, transportom i akumulacijom produkata raspadanja u području vodotoka. Ovim procesima formirane su naslage i proširenja (mini-polja) uz sami vodotok, a njihova debljina je mjestimično i preko dvadeset metara.



Sl. 3.1. Proširena riječna dolina



Sl.3.2. Vodopad Kravice

Krški reljef, zastupljen je u bokovima rijeke Trebižat te šire na cijelom području koje je izgrađeno od karbonatnih stijena, uglavnom vapnenaca. U vapnenačkim terenima, uslijed procesa okršavanja zastupljeni su vrlo karakteristični mikro oblici reljefa: muzge, škrape, škrapari, vrtače, krška vrela, jame itd. Muzge se registriraju na strmo nagnutim pojedinačnim blokovima, u vidu vrlo plitkih kanaliziranih žlijebova preko kojih otječe površinska voda. One predstavljaju početnu fazu u razvoju škrapa.



Sl.3.3. Muzge na vapnenačkom bloku



Sl. 3.4. Širenje riječne doline na lokalitetu Božjak

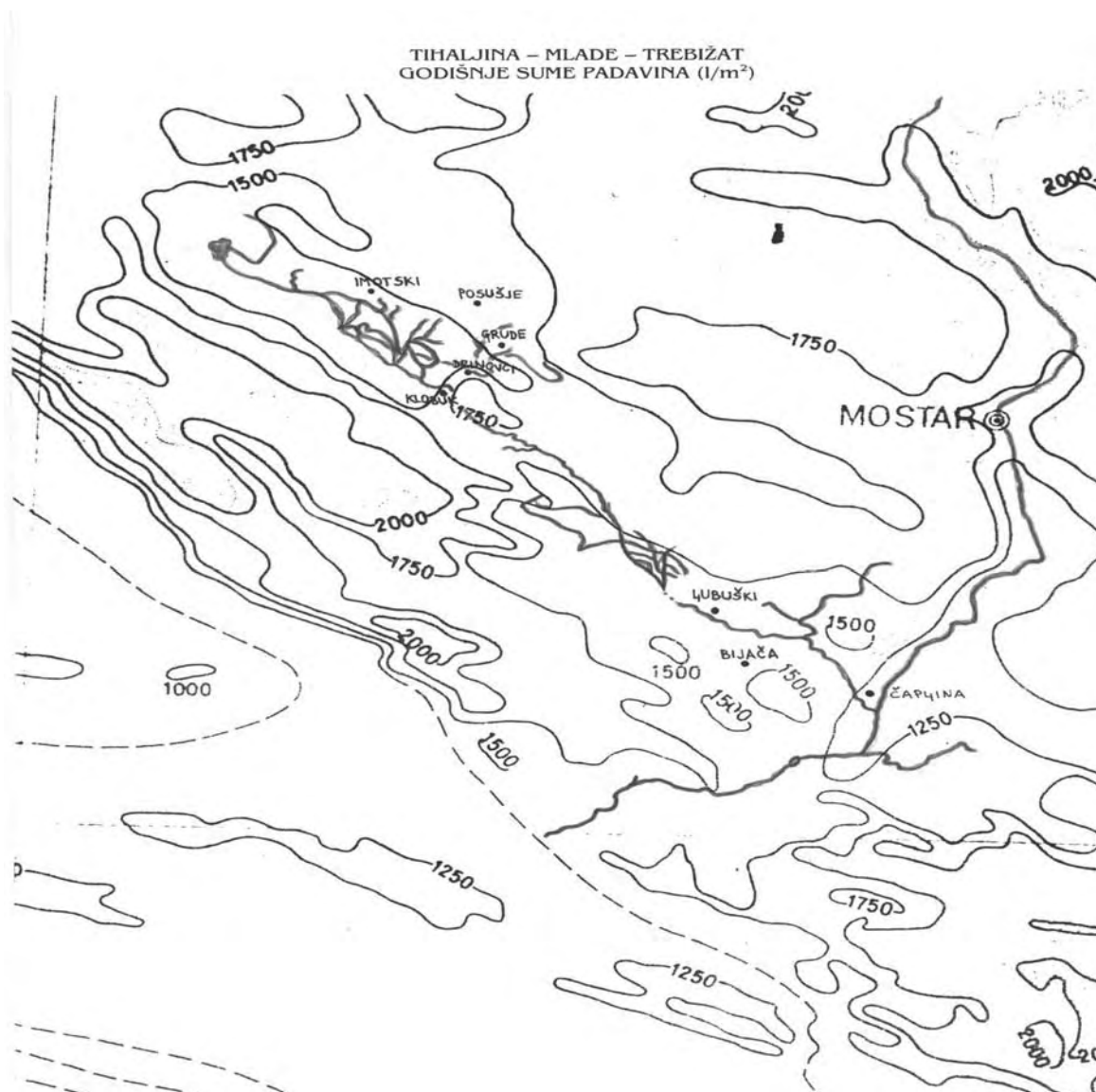
I lijevi i desni bok vodotoka izgrađeni su od karbonata, uglavnom vapnenačkog sastava, lokalno naglašene okršenosti. Približno su simetričnih karakteristika. Uzvodno od Kravica, obale vodotoka su na nadmorskoj visini od cca 55 m.n.m., a bokovi se blago uzdižu i do cca 120 mn.m.m. Na samom vodopadu korito se hipsometrijski spušta oko 30 m, tako da nizvodno formira plitki kanjon s dosta strmim liticama. Par kilometara nizvodno, morfologija obala se ponovno ublažava na kupalištu Božjak. Riječna dolina se širi, a strmina obala ublažava.

4. KLIMATSKI UVJETI

Istraživano područje nalazi se na dijelu porječja u kojem prevladava utjecaj mediteranske klime, dok gornji dio sliva ulazi u oblast izmijenjene mediteranske klime. Osnovne značajke klime ovog područja su: topla ljeta s malo padalina, blage i vlažne zime, s obilnim kišnim padalinama, dosta jaki vjetrovi, niska vlažnost zraka i mala oblačnost. Vjetrovi su značajni za temperaturu zraka, visinu i raspored padavina tijekom godine. Od zimskih vjetrova javlja se jugo koji prodirući od mora na kopnu povišuje temperaturu i vlažnost zraka te često donosi dugotrajne kiše. Bura puše sa kopna prema moru i donosi suho vrijeme. Zbog blizine Jadranskog mora koje u zimskom periodu zrači toplinu nagomilanu tijekom ljeta, srednje siječanske temperature su visoke (od 4°C do 6°C), dok su ljeta suha i vruća (apsolutne maksimalne temperature od 40°C do 45°C). Srednje godišnje temperature se kreću od 14°C do 15°C u donjem dijelu sliva,

dok se u gornjem (Klobuk – Imotski) kreću od 12°C do 14°C (uslijed nadmorske visine). Zbog toga u gornjem dijelu sliva govorimo o izmijenjenoj mediteranskoj klimi.

Srednja godišnja suma oborina kreće se od 1200 l/m² do 1800 l/m². Snijeg je u ovom podneblju rijetka, mada ne i nemoguća pojava. Snježni pokrivač, u principu, zadržava se veoma kratko, tako da nije bitan sa stanovišta akumulacije oborina. Režim oborina podrazumijeva znatno veće količine oborina u hladnijem dijelu godine. Mjesečne sume oborina u hladnijem dijelu godine iznose od 100 l/m² do 190 l/m² (najkišnji je mjesec studeni s prosječnim sumama oborina preko 190 l/m²). U ljetnom razdoblju prosječne sume oborina iznose od 30 l/m² do 70 l/m², a najsušniji mjesec je srpanj sa prosječnim sumama oborina između 30 l/m² i 40 l/m².



Sl.4.1. karta izohijeta slivnog područja

5. HIDROGRAFSKE I HIDROLOŠKE ZNAČAJKE

Rijeka Trebižat u svom toku nosi sedam imena, čiji početak je rijeka Ričina, koja se u Tribistovu formira od dva kraka, potoka Močila i Ružičkog potoka. Ričina kroz Badnjeveća klisuru teče pod imenom Suvaja. Iz Prološkog blata kraćim tokom otječe Suvaja pod imenom Jaruge da bi se kod Nebriževaca ulila u Vrliku. Rijeka Vrlika izvire iz vrela Opačac, koje je najjače u nizu ostalih vrela u selu Prološcu. Rijeka Tihaljina - površinski nastavak Vrlike, teče pod tim imenom od Peć-Mlina do Kavazbašinog mosta u selu Klobuk. Nizvodnije od Kazbeškog mosta Tihaljinu zovu Mlada. Od Humca do ušća Mlada dobiva ime Trebižat. Jedina pritoka, koju Trebižat prima s lijeve strane je Studenčica. Studenčica prima vodu potoka Lukoč, koji ima veliko slivno područje. Odvodnjava Čitlučko polje. Osim potoka Lukoč Studenčica prima i vode triju Studenačkih vrela - Vrila, Vakufa i Kajtažovine.

Na promatranom dijelu sliva r. Trebižat, hidrološki parametri se prikupljaju na tri hidrološke postaje:

VP HUMAC
VP KRAVICA i
VP STUBICA

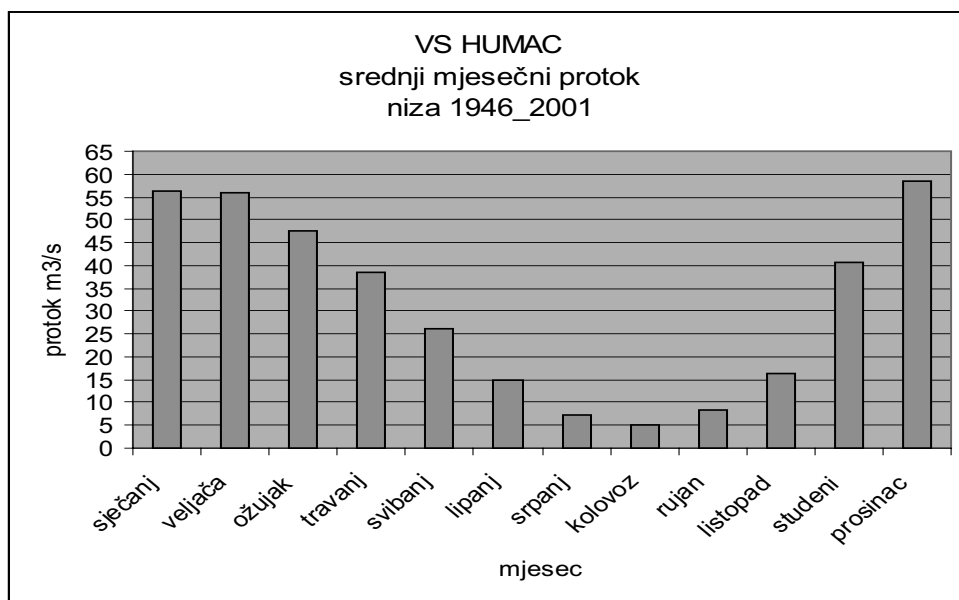
Hidrološka postaja Humac je locirana nedaleko nizvodno od ušća rijeke Vrioštica u Trebižat, u mjestu Humac, i to jedna od najznačajnijih postaja na cjelokupnom slivu, iz slijedećih razloga:

- Postaja ima najduži niz sistemskih hidroloških motrenja i mjerenja protoka - to je prva VS postavljena na području BiH.
- Postaja je, u ovom trenutku, značajna za potrebe odbrane od poplava na određenom plavnom području, utvrđenom Uredbom za odabranu od poplava – definirane su kote redovne i vanredne odbrane od poplava i na osnovu vodostaja na VS, donosi se odluka o radu kule zatvaračnice u Drinovcima. Postaja je i dalje, od najvećeg značaja za davanje uputa za rad HE Peć Mlini pri velikim vodama.

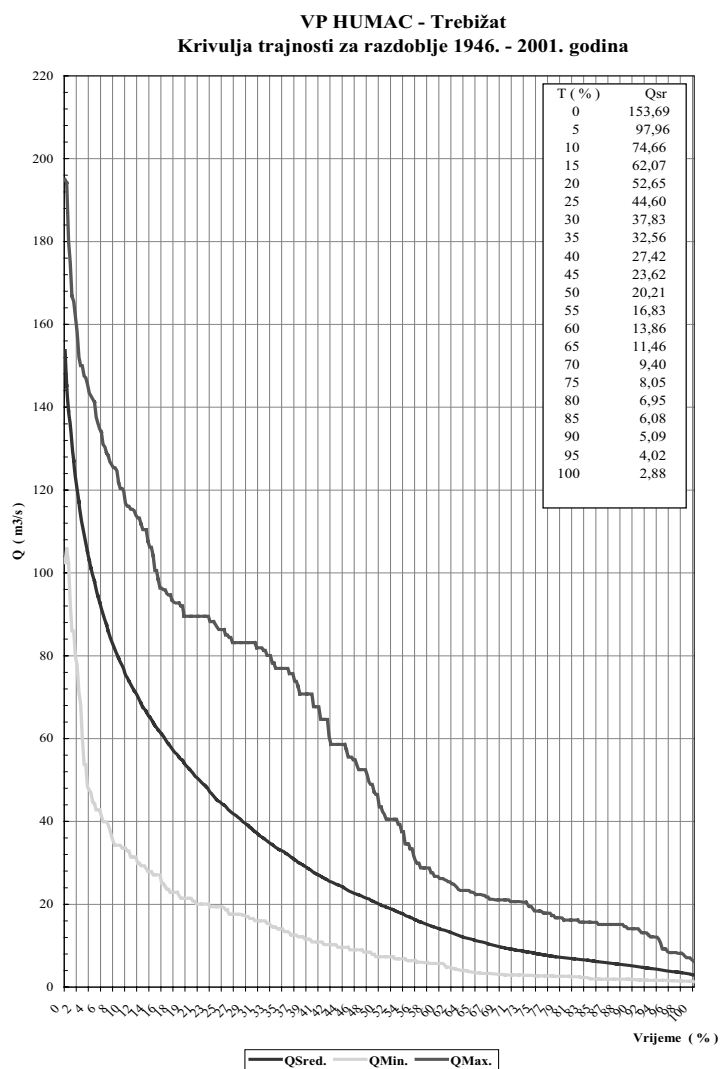
Obrada za promatrano razdoblje dala je slijedeće rezultate:

VS	Vodotok	Razdoblje obrade	Q sr.god. (m ³ /s)		
			1/20	1/50	1/100
Humac	Trebižat	1968-1987	46,2	50	53,1
VS	Vodotok	Razdoblje obrade	Q maks.god. (m ³ /s)		
			1/20	1/50	1/100
Humac	Trebižat	1968-1987	201	212	222

VS	Insitucija	Razdoblje obrade	Q 1/100 (m ³ /s)
Humac	FMZ – 2003 g.	1946-2001	222



Sl.5.1.

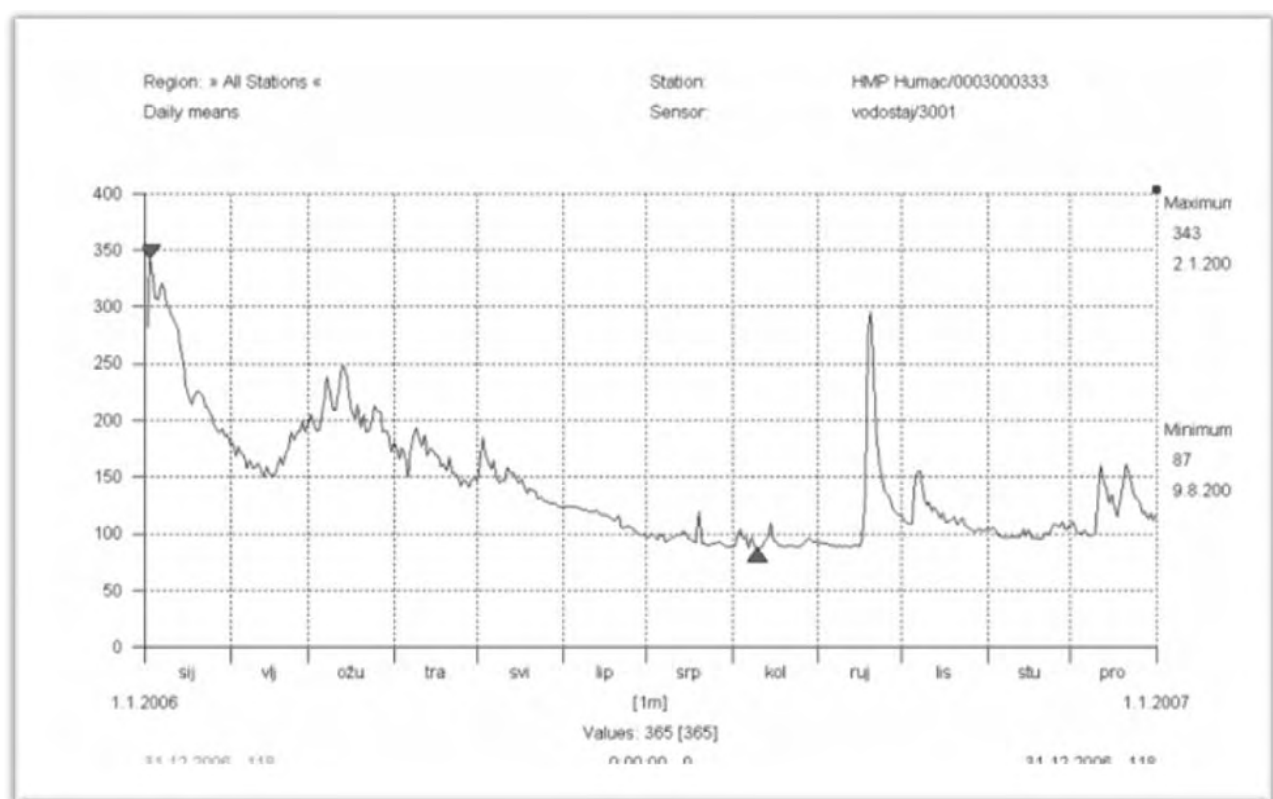


Sl.5.2.

T(%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Q (m ³ /s)	153,69	97,96	74,66	62,07	52,65	44,60	37,83	32,56	27,42	23,62	20,21
T(%)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Q (m ³ /s)	16,83	13,86	11,46	9,40	8,05	6,95	6,08	5,09	4,02	2,88	

VP HUMAC - Trebižat tabela podataka za krivulju trajnosti u %

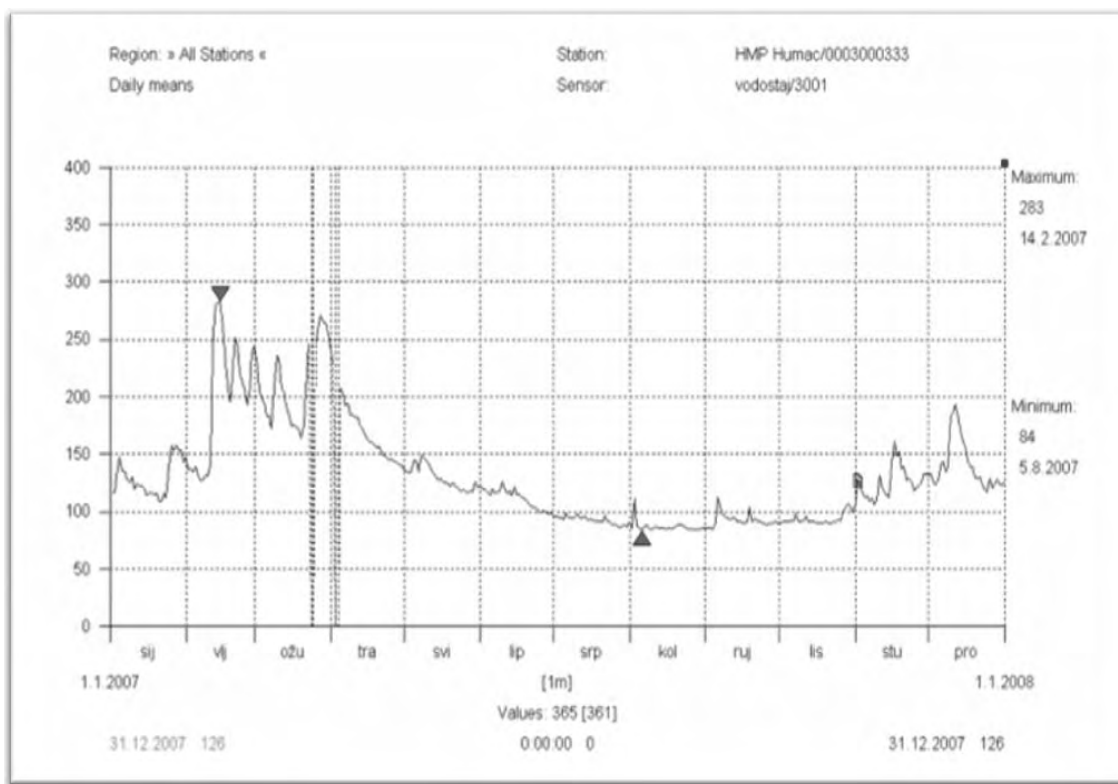
U promatranom razdoblju obrade vidljivo je kako je registriran minimalni protok od 0,935 m³/s, dok maksimalni zabilježeni protok iznosi 210 m³/s. Ovakvi odnosi su osnovna značajka hidrologije i općenito toka r. Trebižat. Ovakve razlike se u pravilu događaju tijekom svake hidrološke godine, naravno bez ovih ekstremnih vrijednosti, kao što se vidi iz prikazanih nivograma za 2006 i 2007 godine na VP Humac.



Sl.5.3.

Nivogram za 2006 god.

- Maksimum (02.01.2006) iznosi 343 cm. što odgovara protoku od 136 m³/s.
- Minimum (09.08.2006) iznosi 87 cm. što odgovara protoku od 2,18 m³/s.



Sl.5.4.

Nivogram za 2007 god.

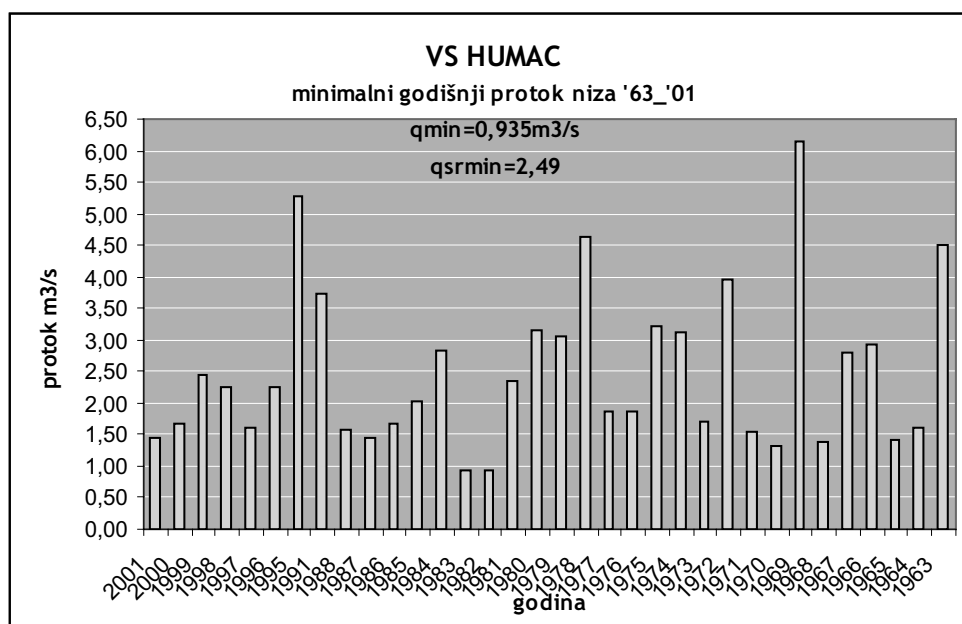
-Maksimum (14.02.2007) iznosi 283 cm. što odgovara protoku od 91,70 m³/s.

-Minimum (05.08.2007) iznosi 87 cm. što odgovara protoku od 2,18 m³/s.

Ovi podaci jasno upućuju na osnovnu problematiku kako u pogledu zaštite i očuvanja sedrenih vodopada Kravice i Male Kravice, tako i problematike planiranja turističko-rekreacijskih sadržaja.

Problematika malih voda

Problematiku malih voda tijekom ljetnih mjeseci, može se promatrati u kontekstu stvaranja i očuvanja sedre, kao i zadovoljenja turističko rekreacijskih ili točnije kupališnih potreba.



Sl.5.5

Za vrijeme malih voda preko velikog dijela vodopada Kravice nema protoka vode. Na ovim dijelovima vodopada dolazi do sušenja već formirane sedre, te stvaranja pukotina i razlamanja. Nadolaskom velikog vodnog vala pukotine se proširuju i produbljuju. Izmjenom ovakvih uvjeta, kroz određeni period dolazi do pojava otkidanja i obrušavanja komada sedre u podnožje vodopada (slika 5.6).



Sl.5.6. pogled na vodopad u vrijeme malih voda

Turistički i rekreacijski potencijal Kravice se uglavnom naglašen tijekom ljetnih mjeseci, kada posjetitelji često potraže osvježenje kupajući se uglavnom u podnožju amfiteatra vodopada Kravice.

U tom periodu a pogotovo za vrijeme ekstremno malih voda, prirodni vodostaj na ovom području je vrlo nizak, tako da je kupališni prostor kako po površini tako i po dubini neuvjetan (slika 5.7.).



Sl.5.7. pogled na vodopad sa kupalištem

U tu svrhu, mještani nizvodno djelomično pregrade korito malom kamenom pregradom, te na taj način podignu vodostaj na kupališnom prostoru. Ovakve pregrade su priručne i sezonskog karaktera, tako da ga je potrebno svake godine graditi isto kao i most preko kupališta.

Problematika velikih voda

Velike i ekstremne vode poplavljuju površine uz rijeku, na mjestima gotovo od “brda do brda“. Sustavna mjerenja vodostaja na potezu nizvodno od vodopada Kravice do Stubičkog buka, nisu mjerena, a računsku korelaciju sa vodostajima na VP Humac i VP Stubice nije moguće pravovaljano izraditi zbog složenih uvjeta tečenja pogotovo na profilu Stubičkog buka.

Prema iskustvenim pokazateljima može se reći da se pri protoku od cca 110 m³/s, vodostaj na ovom području doseže kotu cca 35,50 m.n.m.

Sljedeće tri fotografije (slika 5.8.;5.9. i 5.10.) koje datiraju od 07.12.2005.god. prikazuju plavne površine na području nizvodno od vodopada Kravice, pri vodostaju na VP Humac od 313 cm

Ovaj vodostaj odnosno odgovarajući protok od cca.110 m³/s, je gotovo svakogodišnja pojava. Pri ekstremnim vodama ova razina vjerojatno doseže kotu i preko 36,50 m.n.m



Sl.5.8. Pogled na vodopad Kravice za vrijeme velikih voda



Sl.5.9.. Pogled na vodopad Kravice - nizvodno za vrijeme velikih voda



Sl.5.10. Pogled na prostor nizvodno od vodopada za vrijeme velikih voda

Protočnost rijeke na ovom dijelu toka je ograničena profilom Stubičkog buka.

Kao što je već istaknuto Stubički buk ili Male Kravice je formiran na suženom dijelu kanjona oko 1000 m nizvodno od Kravice. Sedreni buk je uslijed velikih voda probijen, odnosno porušen, tako da se tečenje odvija kroz dva kanala. Preko kanala je izgrađen kameni most, čiji je desni krak također porušen (koncem II svjetskog rata).

Na sljedećim fotografijama su prikazani detalji Stubičkog buka.



Sl.5.11. Pogled sa nizvodne strane na Stubički buk



Sl.5.12. Detalj razlomljene sedre



Sl.5.13. Temelj - čemer neporušenog kraka mosta



Sl.5.14. Protok vode kroz desni kanal, na ovom dijelu je porušeni krak mosta

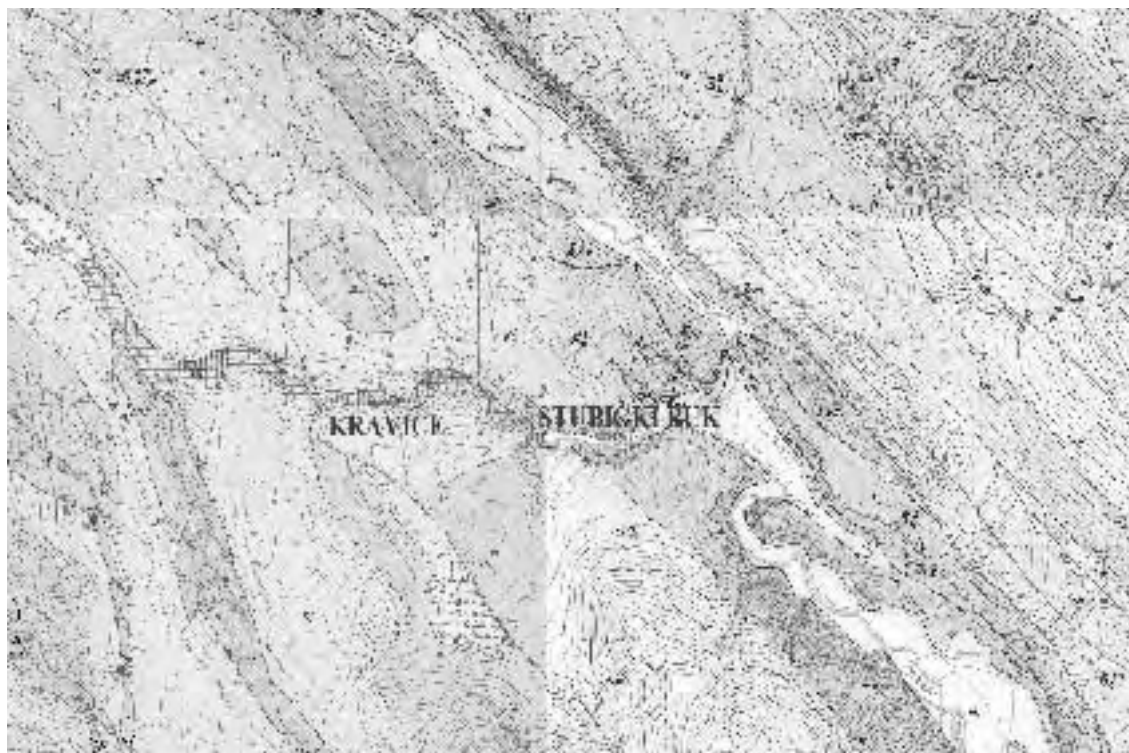


Sl.5.15. Protok vode kroz lijevi kanal, na ovom dijelu je sačuvani krak mosta

6. GEOLOŠKA GRAĐA I TEKTONSKI SKLOP

Širi prostor ovog dijela toka rijeke Trebižat izgrađen je isključivo od gornjokrednih i paleogenskih naslaga u osnovnom gorju, te od kvartarnih naslaga i to aluvijalno-deluvijalnih na proširenjima korita, sedre u samom koritu i ponegdje koluvijalnih (siparišta) uz strme padine. Ovo područje u geotektonskom pogledu pripada svitavsko-ljubuškoj tektonskoj jedinici, za koju je karakteristično da je vrlo iskraljuštena s mnogo prevrnutih bora kojima krila padaju prema sjeveroistoku. Od strukturnih oblika najviše se ističe "klobučka navlaka" koja se prostire sa sjeverne strane toka Trebižata i to od Klobuka na sjeverozapadu pa sve do Svitave s druge strane Neretve na jugoistoku. Odmah ispod "klobučke navlake" iznad toka Studenčice nalazi se uska prevrnuti paleogenska sinklinala. Dalje ispod pruža se antiklinala od gornjokrednih vapnenaca, koja se može pratiti od Ljubuškog pa sve do Struga. Južnije od nje nalazi se uska normalna sinklinala s paleogenkim vapnencima. Na užem području vodopada Kravice još je potrebno istaknut pojavu nekoliko poprečnih rasjeda na navedene strukture, okomito na smjer toka rijeke.

Na tim mjestima gdje poprečni rasjedi presijecaju vodotok nalaze se oba vodopada, a i deblji nanosi kvartarnih aluvijalno-deluvijalnih naslaga u vidu zaravni na proširenjima.



Sl. 6.1. Geološka građa šireg okruženja vodopada Kravice

Stratigrafija

Osnovna stijena

Tok rijeke na užem promatranom području prolazi većinom kroz gornjokredne rudistne vapnence koji čine osnovnu stijenu. Prisutni su sljedeći stratigrafski članovi:

Vapnenci s rudistima (K22,3)

Ovaj dio gornje krede na terenu je zastupljen gotovo samim vapnencima. Najveće prostiranje ovdje imaju u antiklinalnom dijelu južno od rijeke. Na području Stubičkog buka dolaze u kanjonskom dijelu u dragi s južne -desne strane rijeke. Ovdje se radi debljoj seriji vapnenaca koja je kontinuirano taložena na hondrodontske vapnence. Ulošci dolomita javljaju se vrlo rijetko. Na čitavom području ovi vapnenci se vrlo malo razlikuju i uglavnom su to svijetlosivi do bijeli i mramorasti vapnenci. Nisu tako dobro uslojeni kao vapnenci nižih serija, već su najčešće masivni i sprudni.

Vapnenci s keramosferinama i rudistima (K23)

Ove naslage kontinuirano su istaložene na starijim rudistnim vapnencima. Imaju najveće prostiranje na promatranom području i dolaze s obe strane kanjona Trebižata. Izgrađuju užu kanjonski dio na dijelu

od Kravica do Stubičkog buka. Generalni nagib im je u smjeru sjevera s kutom oko 20 – 45 stupnjeva. Boja im je svjetlosiva do bijela. Po litološkim i paleontološkim osobinama se razlikuju od rudistnih vapnenaca. Raspadaju se u drobinu izgrađenu od pločastih odlomaka po čemu su prepoznatljivi na terenu. Niži dijelovi profila su uslojeniji, dok su viši dijelovi građeni od neuslojenih vapnenaca.



Sl. 6.2. Dobro uslojeni rudistni vapnenac (K23) u nižem dijelu boka iznad rijeke



Sl.6.3. Masivniji kredni rudistni vapnenac (K23) u višem dijelu boka iznad rijeke



Sl.6.4. Vidljivi ostaci rudista u vapnencu uz prilaznu cestu vodopadu

Pokrovne naslage

Kvartarne naslage (Q,al,)

Pokrovne kvartarne naslage na promatranom području zauzimaju relativno manje površine, u dolinskim strukturama uglavnom kao aluvijalne naslage u dolini r. Trebižat. Njih izgrađuju pretežno pijesci različite granuliranosti te različitog stupnja zaglinjenosti. Također, ovisno o superpoziciji i uvjetima taloženja mogu se naći i paketi pjeskovitih glina. Moćnost ovih naslaga je relativno velika i na mjestima iznosi i preko 20 m.



Sl. 6.5. Aluvijalne naslage na proširenju uzvodno od slapa

U kvartarne naslage spada i sedra, koja je kao poseban tip kvartara izdvojena i opisana u nastavku.

Sedra, travertin, bigar (i)

Spužvasti izrazito porozni mekani vapnenci nastali su na slapovima jezera i rijeka. Sedra se sastoji od kalcita te određenih količina detritičnog materijala: praha, sitnog pijeska i minerala glina. Kalcit se izlučuje na vlatima mahovine, cijanobakterija, potopljenom drveću i tomu slično. Intenzitet procesa je ubrzan u području prskanja vode vodopada, gdje je izlučivanje CaCO_3 uzrokovano oslobađanjem CO_2 što zbog fotosintetskih procesa biljaka što zbog promjene temperature i tlaka pri prskanju i zagrijavanju vode. Tako izlučeni karbonat i organski sastojci čine sedrene barijere na slapovima. U plitkim dijelovima rijeka zbog kontinuiranog kotrljanja obalnog vapnenca i dolomita nastaju krupni onkoidi sa debelim sedrenim ovojem.

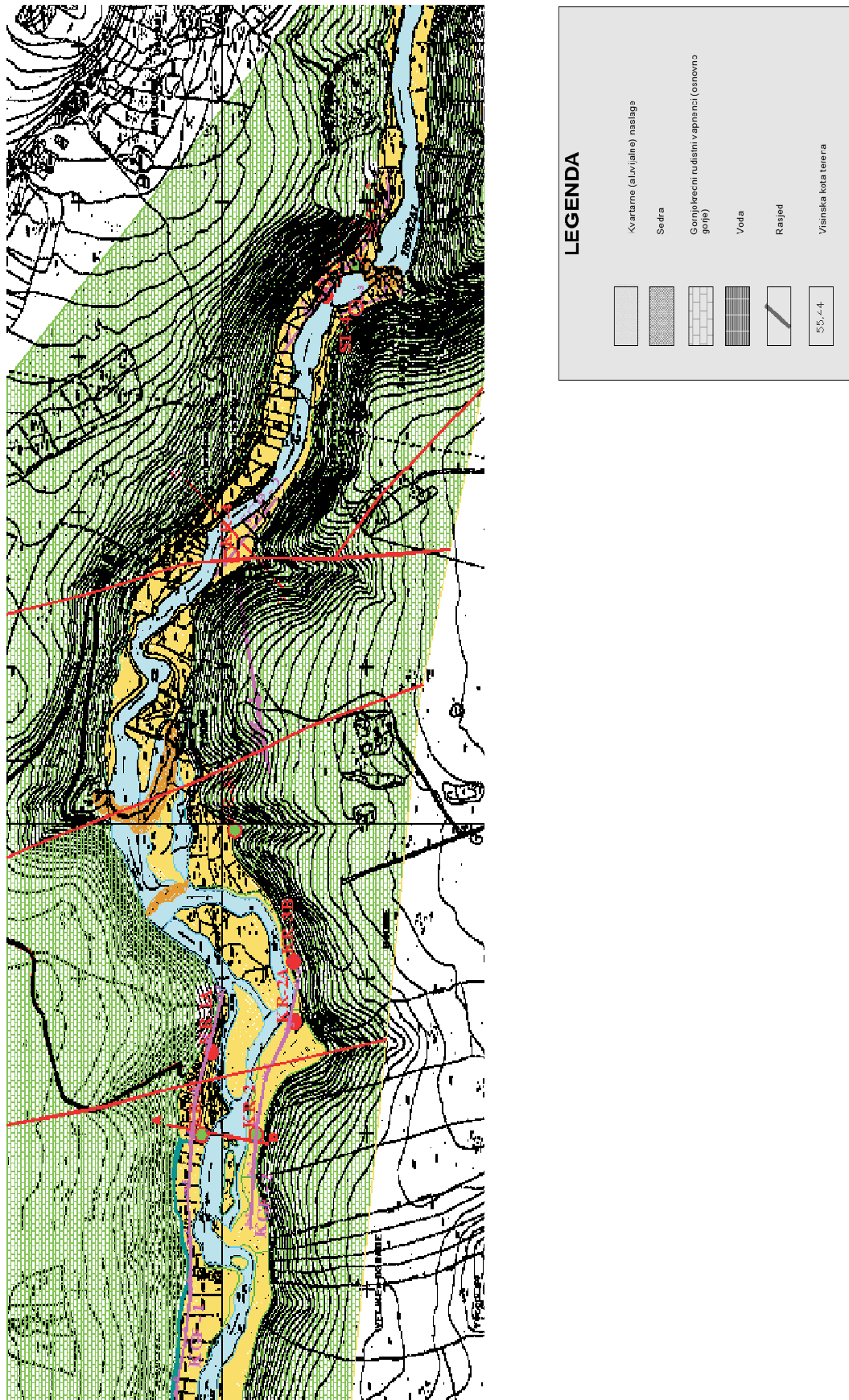
Sedra ima veliku šupljikavu poroznost koja je posljedica dijelom truljenja tkiva vodenog bilja a dijelom zbog otapanja ili ispuštanja organskog tkiva.

Iako velike poroznosti ali šupljikavog tipa, sedra nema veliku vodopropusnost. U debljim slojevima u paketu sa sitnozrnastim aluvijalno-deluvijalnim naslagama su male.



Sl. 4.6. Detalj sedre

Stvaranje vodopada a samim tim i njegovo očuvanje je rezultat geoloških, bioloških i hidroloških procesa. Geološki i geotektonski procesi su stvorili preduvjet za stvaranje vodopada, koji su paralelnim i naknadnim procesima stvaranja sedre oblikovali i recentno oblikuju vodopad.



Sl.6.7. Geološka karta užeg područja voopada Kravice

7. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE

S hidrogeološkog aspekta razlikujemo dvije različite hidrogeološke cjeline:

- Djelomično vodopropusne do dobro propusne sredine, pukotinsko-kavernozne poroznosti, s ulogom hidrogeoloških kolektora. To su gornjokredni dobro okršeni vapnenci.
- Aluvijalne naslage, intergranularne poroznosti, pretežno glinovito-pjeskovitog sastava debljine mjestimično i više od 30 m.; male do srednje vodopropusnosti, i u funkciji su djelomične do potpune barijere,

Iako je rijeka usjekla korito kroz kredne vapnence, koji generalno uslijed procesa okršavanja, tektonike i drugih procesa imaju razvijenu pukotinsko-kaverno-znu poroznost i dobru vodopropusnost, ne bilježe se pojave većih gubitaka vode, odnosno poniranja. Razlog tomu je relativno debeli sitnozrnasti i zaglinjeni aluvijon koji je nataložen u kanjonu, odnosno izgrađuje neposredno korito rijeke. Aluvijalne naslage u kojima dominira zaglinjeni pijesak sa slojevima glina generalno imaju malu vodopropusnost.

Ipak, nehomogenost odnosno lećasta struktura ovih sedimenata, sa lateralnim i vertikalnim promjenama ponajprije u konzistenciji i granulometrijskom sastavu mogu promijeniti filtracijske parametre.

Također, smanjenjem debljine aluvijalnih naslaga bliže vapnenačkim bokovima, povećava se mogućnost podzemnog otjecanja. To je posebno naglašeno na lokacijama iskopa tla, koje su česte u dolini rijeke.

Sedra ima veliku šupljikavu poroznost koja je posljedica dijelom truljenja tkiva vodenog bilja a dijelom zbog otapanja ili ispuštanja organskog tkiva. Iako velike poroznosti šupljikavog tipa, sedra nema veliku vodopropusnost, jer pore nisu međusobno dobro povezane, a često bivaju zapunjene sitnozrnim česticama koje rijeka nosi. U paketima sa sitnozrnastim aluvijalnim naslagama vodopropusnost im je još manja.

8. ZAKLJUČCI

- Formiranje sedrenih barijera pored biogenog postanka, posljedica je i djelovanja tektonike te akumulacijsko-erozijskih procesa vodotoka.
- Usporavanje vodotoka (što je moglo biti prouzročeno tektonikom, koja je vrlo prisutna na užoj i široj lokaciji) imalo je za posljedicu povećano taloženje čestica.
- Povećanje debljine aluvija pogodovalo je procesima nastanka nove sedre, čime se dodatno povećava visina barijere.
- Svaka promjena kakvoće te količine vode koja ima utjecaja na osnovne ekološke parametre o kojima ovisi razvoj i održavanje sedrotvoraca, kao što su temperatura, brzina i alkalitet vode, taj proces može zaustaviti. Optimalna temperatura za stvaranje sedre je između 15 i 20 stupnjeva celzija, brzina vode između 0.5 i 1.5 m/s, a alkalitet vode iznad 1.3 mva što je opet vezano s količinom slobodne ugljične kiseline. Stoga je neophodno sustavno pratiti parametre kventiteta i kvalitete vode.
- Iz svega prethodnog proizilazi da je stvaranje preduvjeta, ponajprije, za zaštitu samog vodopada Kravice, a sa druge strane i poboljšanje infrastrukture za bolje korištenje turističkog potencijala, je složen interdisciplinarni zadatak.
- S jedne strane problematika velikih voda sa svojom rušilačkom energijom s druge strane problematika hidrološkog minimuma i nedostatka vode u ljetnom periodu kada je korištenje vode intenzivirano.
- Plavljenje površina uz rijeku nizvodno i uzvodno od vodopada Kravice onemogućava rješenje infrastrukture koja je preduvjet kvalitetnom turističko-rekreacijskom rješenju.
- Sa aspekta geoloških i hidroloških značajki rješenja treba usmjeravati ka smanjenju efekata velikih voda, te racionalnog korištenja i upravljanja vodama u vrijeme hidroloških minimuma.

EKONOMIČNOST PRIMJENE GEOFIZIČKIH METODA U ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA BOKSITA

UVOD

Respektabilni znanstvenik je na stručnom savjetovanju u Geofizici d.d. u Zagrebu 10. i 11. travnja 2008. godine izjavio, da se geofizičkim metodama ne može pomoći geolozima i bušačima na istraživanju ležišta boksita. Ta izjava je povod pisanju ovog članka, jer je izjavu dao vrhunski geolog - znanstvenik, koji je veoma iskusan u istraživanju ležišta boksita diljem bivše države, a u Bosni i Hercegovini najučestalije. Na savjetovanju je opovrgnuta ova tvrdnja, jer su u diskusiji zorno prikazani uspješni rezultati istraživanja boksita geoelektričnim profiliranjem Wennerovim rasporedom elektroda u Škropetima kod Pazina u Istri. Tijekom savjetovanja su sudionici molili diskutante po ovoj temi, da publiciraju tamo iznesene rezultata istraživanja boksita u Istri s informacijom o ekonomičnosti korištenja geofizičkih metoda.

Geofizičke i druge metode istraživanja boksita kao i inženjerska praksa u procesima proizvodnje i prerade boksita napreduje iz godine u godinu. Promjene cijena aluminijske na svjetskom tržištu i prodajnih cijena boksita pridobivenog u našoj regiji, imaju također važan utjecaj na rentabilnost korištenja različitih metoda istraživanja boksita. Zato autori ovog članka očekuju od strane mlađih kolega zaposlenih danas na istraživanju, proizvodnji i prodaji boksita, publiciranje svojih reakcije na ovdje dane podatke. Novi objavljeni podaci s odnosima cijena pojedinih načina istraživanja u različitim montan-geološkim uvjetima, bile bi vrijedne informacije, od kojih se očekuju suvremene preporuke za odlučivanje i programiranje ekonomičnijih načina istraživanja boksita. Geoelektrična tomografija je suvremenija geoelektrična metoda od spomenutog postupka geoelektričnih profiliranja u Škropetima. Korištenje suvremenijih metoda geofizičkih mjerenja i suvremenih programa interpretiranja podataka/rezultata mjerenja, ima značajne prednosti u istraživanju podzemne vode, boksita i ostalih mineralnih sirovina u odnosu na ranije korištene geofizičke metode. U ovom članku ukratko se navode rezultati geoelektričnih istraživanja boksita u Istri i pregled mogućnosti primjene ostalih geofizičkih metoda, uključujući suvremenije geoelektrične metode, refleksijsku seizmiku visoke rezolucije, geomagnetiku, elektrokarotazu i georadare na istraživanju boksita u Dinarskom kršu.

Ključne riječi: geoelektrične metode, istraživanje boksita, Dinaridi, krš

¹ Prof.dr.sc. Mladen Zelenika Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

² Jerolim Šipić, dipl.ing.rud.Geofizika d.d. Zagreb, Savska 64

GEOLOŠKI PODACI O POJAVLJIVANJU BOKSITA U ISTRI

Istraživanje i eksploatiranje boksita u Istri za proizvodnju glinice počelo je već tijekom prvog svjetskog rata. Nakon Domovinskog rata eksploatiraju se manje količine boksita i to uglavnom za potrebe lokalne industrije cementa. Boksit se nalazi u vrtačama (udubljenjima) karstificiranog paleoreljefa gornjo-krednih (rudistnih) naslaga vapnenaca. Ležišta boksita imaju koničan oblik, čiji se najveći promjeri kreću od par metara do najviše 50 metara, što se smanjuje s dubinom i iščezava na dubini od najviše 40 m. Najčešće su eksploatirana ležišta 20tak metara najvećeg (gornjeg) promjera i 30-tak metara vertikalnog zalijeganja s približno 3000 tona boksita u prosjeku. Rentabilno su eksploatirana i ležišta kvalitetnog boksita od samo 200 tona, kad su u blizini prometnica i ne uzrokuju skuplju rudničku štetu u okolišu

Turonsko-senonski rudistni vapnenci su izrazito bijele boje (šećerasti) i predstavljaju podinu boksita u Istri. Krovina boksita je paleogenski (eocenski) vapnenac, koji ima svijetlo sivu boju pa ga svi bušači odlično razlikuju od bijelih krednih vapnenaca u podini boksitnih ležišta. Gotova cjelokupna proizvodnja boksita pridobivena je u ležištima boksita pokrivenim samo tanjim ili debljim slojem crvenice (terra-rossa), jer su ranije erodirani krovinski paleogeni vapnenci na najvećoj površini eksploatacijskih i istražnih polja. Diskordantnu granicu senonsko-turonskih paleogenih vapnenaca kartirali su djelatnici Geološkog instituta iz Zagreba u suradnji s geolozima zaposlenim u Istarskim boksitima (Janko Mikolji, Milorad Borić, Boris Rajčević, Mladen Zelenika, Boris Tomljanović, Darko Trojanović i dr.). Pad podinskih i krovinskih vapnenaca je blag. Tektonski poremećaji podine i krovine boksita su daleko manji u Istri zapadnog su na otkou Cresu i u Zapadnoj Hercegovini.

Već 1954. godine je gospodin Janko Mikolji, tehnički rukovoditelj u tadašnjem malom poduzeću 'Rudnici boksita i kvarcita' Umag, osigurao financijska sredstva za geofizička istraživanja boksita ispod paleogenih vapnenaca. Terenske i kabinetske geofizičke zadaće izvela je Geofizika Zagreb u vremenu od 1954 do 1956. godine. Geofizička istraživanja na tanjim paleoenim naslagama u blizini kontakta s otkrivenim krednim vapnencima ispod crvenice na području Brtonigle, provele su 3 ekipe Geofizike Zagreb koristeći geoelektričnu metodu (Krulc i Vidović, 1960). Mala je bila korist od ovih geofizičkih mjerenja, jer tamo nije bilo boksita, što je potvrđeno sustavnom mrežom bušenja u razdoblju od 1955. do 1959.

Rudnički geolozi u suradnji s djelatnicima na istraživanju boksita ispod crvenice koristeći ručne sonde 'baramine', utvrdili su i kartirali zaostale neerodirane otoke eocenskih vapnenaca ispod humusnog tla. Ove izolirane pojave neerodiranih krovinskih vapnenaca, boksitaši u Istri su nazivali indikacijama ili najčešće – **krpicama**, koje se 60tih godina prošloga stoljeća počelo sve intenzivnije bušiti strojnim bušilicama u cilju iznalaženja novih, nešto dubljih ležišta boksita. Debljina bušenog paleoenog pokrova je bila od par metara do najviše 40tak metara. Obzirom na slijeganje boksita u krškim udubljenjima, krednog paleoreljefa, uslojeni paleogeni (krovinski) vapnenci su se povijali, slijegali i intenzivnije karstificirali. Tako su tu nastale pukotine i kaverne, koje su obično ispunjene crvenicom ili glinom. Pad paleogenih vapnenaca iznad ležišta boksita procijenjen je na približno 45° pa se debljina krovine uglavnom podudarala s udaljenosti od ruba 'krpice'.

ISTRAŽIVANJE BOKSITA U ISTRI

Kako je glavnina boksita u Istri i na otoku Cresu pridobiveno iz plitkih ležišta pokrivenih samo zemljom crvenicom, to je sustavno provedeno jednostavno ručno istražno bušenje koristeći samo 4 jednostavne alatke: baramina³, sonda, kramp i lopata. Baramina je čelična šipka 25 mm promjera, spljoštena i prioštrena na dnu radi manjeg otpora (udarnom) bušenju. Šipku potrebne dubine dižu i slobodnim padom puštaju na dno jedan do 2 djelatnika koristeći dvije pomične ručke (manice). Vrijedno je istaći vježbanost djelatnika na ovim istraživanjima, jer su nepogrješivo prepoznavali i registrirali tvrdu naslagu koju je pogodio spljošteni dio baramine čak na do bini i do 12 m crvenice. Prema boji praha na sječivu baramine, bušači su pouzdano ocijenili, da li je njegovu baraminu zaustavio crveni, žuti ili ljubičasti (viola) boksit, paleogeni ili pak kredni vapnenac.

Ako je baraminom na određenoj površini utvrđena kontura ležišta boksita, locira se i kopa istražno okno (pucet) u sredini ležišta i iskopavano do vršnog dijela ležišta boksita koristeći ručni alat (kramp i lopata). Iz okna se buši kroz boksit ručnim spiralnim alatkama 33 mm promjera, uzimaju se mehanički izneseni uzorci boksita i šalju u kemijski laboratorij. Nakon prikupljanja podatak o lokaciji, vlasniku zemljišta, volumenu ležišta, kakvoći boksita i volumenu otkrivke, tehničar popunjava standardni karton ležišta i registrira ga u odgovarajuću kategoriju rudnih rezervi. Zanimljivo je da se ovaj način istraživanja boksita zadržao duže od 60 godina pa su neki tereni ispitivani u više navrata, što nije bilo moguće izbjeći. Bušenjem baramainama je lociran, okonturen i raportiran geološkoj službi najveći broj izoliranih ostataka paleogenih naslaga, za koje su svi djelatnici u istražnim radovima znali da predstavljaju potencijalni pokrov boksitnih ležišta.

Rudnička geološka služba je sustavno pratila i registrirala sve pojave izoliranih ostataka neerodiranog paleogenog vapnenca, kojeg su utvrđivali i okonturivali bušači istražujući boksit ispod crvenice koristeći ručne sonde 'baramine'. Kako su površine ispod crvenice s potencijalnim mogućnostima pronalaska ležišta boksita i više puta pretražene baramainama i ručnim sondama, rudnički inženjeri su došli na ideju o potrebi istraživanja boksita ispod izoliranih neerodiranih krovinskih vapnenaca. Krovinske vapnenačke naslage se nije moglo bušiti ručno pa je već 50-tih godina prošlog stoljeća, Rudnik počeo nabavljati strojne bušilice radi istraživanja ležišta boksita ispod kamenog pokrova – indikacije. Tako se počelo sve intenzivnije bušenje kroz paleogene vapnence (krovinu), od par metara do 40tak metara debljine. Rudnički geolozi su interpretirali ulegnuća na površinama 'krpica' paleogena kao posljedicu intenzivnijeg slijeganja boksita u odnosu na slijeganje tvrdog rudistnog vapnenca. Ta ulegnuća su bila najprioritnije lokacije za strojno bušenje (Borić i Zelenika, 1964).

Strojno bušenje je imalo sve veću primjenu i za istraživanje ležišta boksita ispod naslaga crvenice deblje od 12 m (Vetva). Informacije o površinama s debljim naslagama crvenice i potencijalnim mogućno-

³ Kada je prof.E.Tepli vidio bušenje baramainama u Istri, oduševio se njihovom učinkovitosti pa najozbiljnije izjavio, da su tu alatku inovirali ribari s kojom su prije istraživanja boksita lovili ribe u moru.

stima utvrđivanja ležišta boksita, dali su stariji bušači s baraminama i oni u mirovini koji su radili između dva svjetska rata na istraživanja boksita u Istri. Strojnim bušenjem je već ranih 50tih godina prošlog stoljeća pronađeno više dubljih ležišta boksita ispod tanjeg paleogenog pokrova, od kojih su 1955. godine iskopana 2 ležišta podzemnim otkopavanjem u Lukonima kod Brtonigle. Jamsko otkopavanje većeg ležišta boksita ispod paleogenog pokrova ponovljeno je 1965. godine na sekciji Labin. Boksit iz ovih dubljih ležišta je imao u prosjeku bolju kvalitetu nego boksit ispod crvenice, što je opravdavalo eksploataciju sve nepovoljnijeg odnosa boksita i jalovine pa čak i podzemne radove otvaranja.

Prosječni učinak strojnog bušenja na boksit ispod paleogenih krpica, bio je 7 tona/metar strojnog bušenja. Tijekom prva 4 mjeseca 1965. godine, četiri postrojenja su intenzivno bušila i nisu našli niti jedno ležište boksita, što se moglo i očekivali, ali je to bio ipak alarm za uzburu. Ugovorena prodaja boksita iz Istre za tu godinu iznosila je 450.000 tona, a Rudnik je imao registrirane A rezerve manje od 200.000 tona, od kojih su neka bolja ležišta bila ispod prometnica i drugih važnih objekata, a ta ležišta nisu bila eksploataбилna. Kako bi se osigurale tražene količine radi zadovoljenja ugovorene prodaje, pokušalo je s ponovo primjenom geofizike povećati učinkovitost bušenja. Uz suglasnost čelnika Istarskih boksita, pregovarano je i ugovoreno 1964. godine s prof.dr.sc. Josipom Baturićem, angažiranje jedne ekipe s RGN fakulteta u Zagrebu radi geoelektričnih ispitivanja s profilima preko 8 okonturenih 'krpica' u Škropetima i preko jednog ležišta boksita ispod crvenice u Kašteliru kod Višnjana. Za ovaj posao izabrano je i snimljeno na plan 1:200 područje 8 'krpica' među najgušćim ležištima ranije iskopanog boksita. Pazilo se pritom da debljina paleogenog pokrova 'krpica' ne bude veća od 20 m radi prihvatljivog odnosa boksita i jalovine u eksploataciji bagerima. Djelatnici Istarskih boksita, uključujući i tadašnjeg jedinog geologa, upoznati sa skromnim rezultatima geofizike u Istri sredinom 50tih godina, nisu preporučivali ovaj angažman, ali su morali shvatili da se nešto mora poduzeti.

U to vrijeme je mlađi asistent na istom Fakultetu je nudio svoj relativno skup program geokemijskih metoda selekcije terena za veću učinkovitost bušenja na boksit. Usmeno je tvrdio čelnicima Istarskih boksita da će njegova ekipa geokemijskim metodama, postići bolje rezultate nego Geofizika, što nije nikada pismeno obrazložio, pa taj prijedlog nije ozbiljnije niti razmatran 1965. godine.

GEOELEKTRIČNO ISTRAŽIVANJE U ŠKROPETIMA U ISTRI

Za razliku od Schlumbergerovog rasporeda s manjim razmakom strujnih elektrda, kojeg je koristila Geofizika 50tih godina, Wennerov raspored elektroda koristila je ekipa RGN fakulteta 1964. godine s bazom za profiliranje $a = 8 \text{ m}, 12 \text{ m}, 16 \text{ m}, 24 \text{ m}, 32 \text{ m}$. Korišteno je i geoelektrično sondiranje, dijagrami prividnih električnih otpora sondiranja su eleborirani, ali nisu komentirani u interpretacijama glede pojava boksita pa ih vjerojatno nije trebala niti provoditi u Istri.

Voditelj geofizičke ekipe i njegov profesor (mentor), detaljno su informirani tijekom pregovora o odlikama ležišta boksita u Istri, gdje nisu nikada nađena velika ležišta boksita ispod crvenice pa ih ne očekujemo niti ispod paleogenih naslaga. Zato se orijentiramo na istraživanje poželjnih uobičajenih ležišta od cca 3000 tona. Ta ležišta imaju najveći promjer površine baze (gornje) konusa od 17 m i 30-tak m visine (dubine) konusa. Neposredni tanji pokrov i bokovi ovih končnih ležišta boksita, prate gline, koje imaju bolju vodljivost od boksita. Geofizičari su posebno upozoreni na male razlike specifičnog otpora podinskog $<800 \Omega\text{m}$, i krovinskog vapnenca od 400 do 1000 Ωm te boksita od 300 do 700 Ωm i na najmarkantnije zone veće vodljivosti, koje obično uzrokuju naslage gline i crvenica od 20 do 100 Ωm (Krulc i Vidović, 1960). Veće naslage glina su potvrdile prve tri bušotine locirane po voditelju terenske geofizičke ekipe tijekom njihova rada na terenu. Ti su rezultati osnažili lokalne pesimiste glede uspješnosti geofizike pa je ta bušilica vraćena na teren gdje je bušila prije dolaska geofizičke ekipe. Ova bušilica je angažirana tek u travnju 1965. nakon primitka ugovorenog elaborata s rezultatima geoelektričnih istraživanja u Škropetima u kojem su djelatnici Rudnika uspješno reinterpreterali podatke na zorno prikazanim dijagramima u izvješću.

Elaborat o geoelektričnim istraživanjima je bio izuzetno kvalitetno pripremljen (Baturić i Gregl, 1965). Rezultati mjerenja su jasno ilustrirani prikazujući u izvrsno odabranom mjerilu sve relevantne podatke izmjerene po profilima s različitim bazama (razmakom) elektroda, $a = 8, 12, 16$ i 24 m. Ove podatke su mogli jasno iščitavati zainteresirani rudnički inženjeri, a nakon kraćih instrukcija ček tehničari i poslovođe na terenu (Zelenika, 1965). Interpretacija terenskih rezultata mjerenja učinjena na Fakultetu, odnosila se uglavnom na šrafitiranje zona s najvećom el.vodljivosti, što je bušenjem potvrđeno da se odnosi na ležišta glina. Zato je poslovođa istražnih radova na tadašnjoj sekciji Višnjan – gospodin Mario Diklić instruiran od iskusnog rudničkog inženjera za reinterpreteranje dobivenih rezultata prikazanih dijagramima preko svih 'krpica'. Gospodin Diklić nije imao adekvatno školsko obrazovanje, ali je bio veoma iskusan tragač za pronalaženje 'krpica' paleogena, boksita i divljači u zapadnoj Istri, jer je bio talentiran lovac.

Jedna strojna bušilica bušeći 2,5 mjeseca na lokacijama, koje je osobno određivao gospodin Diklić koristeći jasne geofizičke dijagrame u Škropetima, pronašla je više od 150.000 tona kvalitetnog boksita, što je bio nezapamćen učinak od 100 tona/metru bušotine. Rezultati ove bušilice su osigurale prosječnu uspješnost bušenja za prvih 5 mjeseci 1965. godine 25 tona/m bušenja svih četiriju bušilica, iako ostale tri bušilice nisu pronašle niti jednog ležišta boksita radeći 5 mjeseci kao i ova četvrta za prva dva mjeseca. Bušenjem ranijih godina pronalaženo je u prosjeku 7 t/m strojnog bušenja (Zelenika, 1965).

Bagersko uklanjanje paleogenog pokrova i otkopavanja boksita ispod paleogenih naslaga, dala je mlađim rudničkim geolozima priliku detaljnog upoznavanja strukture ulegnuća (boranja) i karstifikacije krovinskih vapnenaca iznad intenzivnije slijeganog boksita. Intenzivnije borani paleogeni vapnenac iznad boksita ima veće pukotine i kaverne ispunjene crvenicom i glinom bolje električne vodljivosti. Ovu pojavu su iskoristili tako, da su nabavili opremu za geoelektrično profiliranje, koje su samostalno trasirali, mjerili i interpretirali. Naime, glina i crvenica u intenzivnije poremećenim i karstificiranim krpicama pa-

leogenog vapnenca iznad boksita, bila je važna indikacija s manjim prividnim otporom. To je ukazivalo, uz ostale podatke, na pojavu ležišta boksita i u čijem se središtu locirala istražna bušotina. Ovako locirane bušotine su u 80% slučajeva pogodile u centre boksitnih ležišta (Trojanović, 1974).

Obzirom da razlike električnih vodljivosti boksita, krovine i podine, nisu značajnije i mijenjaju se tijekom suše u odnosu na kišna razdoblja (Baturić i Gregl, 1965), interpretatoru terenskih mjerenja geoelektričnih profiliranja, treba osigurati dijagrame promjena prividnog specifičnog otpora u relevantnom mjerilu. Dužine profila prikazivati u mjerilu 1:1000 li pak 1:500, tako da se promjene specifičnog otpora za različite razmake $a = 8$ m, 12 m, 16 m i 24 m mogu zorno vidjeti i prepoznavati konični oblik boksitnih ležišta, njegov očekivani položaj u odnosu na konture krpice, gornji promjer 20-tak metara i zalijeganje u dubinu od 30tak metara. Osim razlike u prividnim električnim otporima, interpretator mora respektirati oblik, položaj u odnosu na granice krpice i dimenzije boksitnih ležišta, morfologiju podine, boranje i karstificiranost krovine radi postizanja željene učinkovitosti bušenja, čije lokacije određuje interpretator rezultata geoelektričnih istraživanja.

MOGUĆNOSTI PRIMJENE DRUGIH GEOFIZIČKIH METODA

Geoelektrična tomografija ima široku primjenu za kartiranje složenijeg sastava terena, kao što su krška područja (Šumanovac i Weisser, 1999). Glavne prednosti tomografije 2-D i 3-D u odnosu na ranije geoelektrične metode profiliranja i sondiranja, dobivanje je bolje horizontalne i vertikalne rezolucije i kontinuiranih presjeka 'litoloških' promjena ispod površine. I kod geoelektrične tomografije se javlja teškoća s naglim smanjenjem rezolucije na dubinama 50 do 100 m (Šumanovac & Weisser, 2001). Plitka refleksijska seizmička metoda HRS (High Resolution Seismic Method) se pojavila 1980tih o čijoj je uspješnoj primjeni za istraživanje naslaga većih dubina objavljeno više publikacija. Zato se sve češće koristi refleksijska seizmička metoda HRS uz geoelektričnu tomografiju radi kvalitetnije interpretacije rezultata istraživanja na dubinama 40 do 100 m (Šumanovac, 2006).

U cilju postizanja veće racionalnosti i rentabilnosti proizvodnje boksita u Dinarskom kršu, vrijedno je ukratko prezentirati mogućnosti primjene drugih suvremenijih geofizičkih metoda za istraživanje boksita. Uspješni rezultati Geofizike Zagreb u primjeni **plitke seizmičke refleksije** na ležištima boksita u Posušju, pokazali su značajnu korist u povećanju učinkovitosti bušenja na boksitna ležišta ispod klastične i vapnene krovine (Andrić i sur., 1991). Ista tvrtka je utvrdila, da brza/jeftina **geomagnetna mjerenja** po trasama seizmičkih profila mogu, u kombinaciji s refleksivnim mjerenjima dati korisne informacije u otkrivanju ležišta boksita do 70 m dubine (Andrić, 1990). SSI oglašava svoja obimna uspješna iskustva na istraživanju boksita u Australiji i Aziji koristeći svoju opremu za geoseizmičke metode istraživanja (SSI, 2008).

Koristeći karotažna mjerenja (rezistiviti, γ i $\gamma\text{-}\gamma$) u istražnim bušotinama na boksit, Geofizika Zagreb je dala dodatne vrijedne rezultate. Koristeći karotažna mjerenja u bušotinama za istraživanje boksita na području Posušja, logički su korigirani geološki profili načinjeni tijekom bušenja, koje je uključivalo i jezgrovanje. Korigirane su dubine prostiranja boksita te izdvojene, pored razlomljenih zona, laporovite zone u konglomeratima i pješčenjacima, što su veoma značajni podaci za projektiranje i održavanje nagiba kosina radi njihove stabilnosti tijekom eksploatacije (Andrić, 1990).

Na temelju rezultata istraživanja terena geoelektričnom 2-D tomografijom, seizmikum i nekim drugim geofizičkim metodama, teoretski bi se moglo zamisliti neograničen broj geoloških modela (Šumanovac, 2006). Zato geofizičar treba podesiti svoj način mjerenja informacijama dobivenim od geologa glede mogućih litoloških promjena na danom profilu i pojavnosti ležišta boksita. Kod interpretiranja geofizičkih podataka mjerenja, nužno je također aktivno sudjelovanje odgovornog geologa, koji znade mogući položaj, oblik i druga svojstva ležišta boksita pa se postiže uspješnije odvojanje produktivnih od neproduktivnih intervala profila.

Mogućnosti primjene georadarske metode za djelotvorno istraživanje boksita u Dinarskom kršu nisu još uvijek poznate, jer nisu niti primjenjivane. SSI oglašava svoja obimna iskustva na istraživanju boksita u Australiji i Aziji koristeći svoju opremu za georadarske metode (SSI, 2008).

ELGI⁴ koristi za istraživanje boksita veoma uspješno 2 geoelektrične metode: kartiranje bušotina-površina (the hole-to-surface gradient mapping) od 1973. i profiliranje gradijenta u podzemnim rudarskim prostorijama (in-mine gradient profiling) od 1988. godine (Draskovits i Simon, 1992).

EKONOMIČNOST PRIMJENE GEOFIZIČKIH METODA ZA ISTRAŽIVANJE LEŽIŠTA BOKSITA

Visoki troškovi istraživanja, eksploatiranja i transporta boksita, mogu predstavljati ograničenja uporabe nekih metoda rada ukoliko dolazi u pitanje rentabilnost proizvodnje u uvjetima ugovorenih prodajnih cijena boksita na tržištu.

Na temelju analize troškova istraživanja 1964. i 1965. godine u Škropetima i Kašteliru u Istri, konstatirana je neekonomična primjena geoelektričnih metoda u odnosu na troškove bušenja baraminama na okunturivanju ležišta boksita ispod crvenice i paleogenih krpica ispod humusa (Zelenika, 1965). Ovi rezultati se odnose na dane lokalitete, vrijeme i načine rada geofizičara i bušača u Istri, što se ne smije uzeti za pravilo danas pogotovo na posebnim montan-geološkim uvjetima, za koje treba izabrati primjerene rentabilne metode istraživanja i eksploatacije boksita.

⁴ ELGI Eotvos Lorand Geophysical Institute of Hungary

PREPORUKE

Geoelektrično profiliranje koristeći Wennerov raspored elektroda s bazom $a = 8 \text{ m}$, 12 m , 16 m i 24 m ima svoje ekonomsko opravdanje i može se preporučiti ta primjerene montan-geološke uvjete. Učinkovitost bušenja na lokacijama premjerenim ovim geofizičkim mjerenjima, povećana je sa 7 t/m na 100 t/m strojnog bušenja (Zelenika, 1965). Geoelektričnim profiliranjem i interpretiranjem podataka u sastavu rudničke organizacije, dovelo je do racionaliziranja broja pozitivnih bušotina na 80% (Trojanović, 1974).

Osim razlika u električnoj vodljivosti boksita, krovine, podine i gline, interpretator rezultata geoelektričnih profiliranja treba imati dijagrame u relevantnom mjerilu, prepoznavati oblik, položaj u odnosu na konture krpica i dimenzije boksitnih ležišta, a isto tako morfologiju podine, boranje i karstificiranost krovine te popunjenost pukotina i kaverni glinovitom supstancom. To su nužni čimbenici za lociranje pozitivnih bušotina i njihove učinkovitosti na lokacijama određenim po interpretatoru rezultata geofizičkih mjerenja.

Geoelektrično sondiranje je provedeno u Istri 1964. i 1965, izmjerene/izračunate vrijednosti prividnih električnih otpora sondiranja su prezentirani dijagramima u elaboratima, a komentari njihovih rezultata mjerenja su izostali u interpretacijama glede otkrivanja ležišta boksita. Ukoliko novija istraživanja boksita geoelektričnim sondiranjem nisu polučila relevantne korisne spoznaje o ležištima boksita, vjerojatno treba izbjeći programiranje i izvođenje geoelektričnog sondiranja.

Preporučuje se kombinirano geofizičko istraživanje ležišta boksita u Dinarskom kršu koristeći refleksijsku seizmičku metodu HRS s geoelektričnom tomografijom 2-D ili 3-D, jer se uz sudjelovanje osobe s dobrim poznavanje geologije boksita mogu ekonomično postići kvalitetni rezultati istraživanja boksita.

KORIŠTENA LITERATURA

- Andrić,M. (1990): Izvještaj o probnim geofizičkim radovima u području Posušja, Fond tehničke dokumentacije Geofizike d.d. Zagreb
- Andrić,M., Dragičević,I. i Blašković,I. (1991): Geological-Geophysical exploration of the bauxite deposits application of the shallow seismic reflection method, RGN zbornik, Zagreb, Vol.3 str.32-28
- Baturić, J. i Gregl,T. (1965): Izvještaj – Geofizičko istraživanje boksita na sekciji Višnjan – Heki u 10. i 11.mj. 1964., Arhiv poduzeća Istarski boksiti Rovinj
- Borić,M. i Zelenika,M. (1964): Lociranje bušotina na izoliranim paleogenim 'krpicama' – indikacijama ležišta boksita, Prezentacija održana na RGN fakultetu tijekom savjetovanja u povodu 25-godišnjice Fakulteta.
- Draskovits,P. And Simon,A. (1992): Application of geoelectric methods using buried electrodes in exploration and mining, Geophysical prospecting 40, pg 573-586.
- Krulc,Z., i Vidović,N. (1960): Primjena metoda otpora kod istraživanja boksitnih ležišta, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knjiga I, serija C, Beograd.
- SSI, (mar.2008): Ground imaging solutions in Geological applications, Gpr and Geology
- Šumanovac,F. & Weisser, M. (1999): The potentials of geoelectrical and seismic methods in karstic water explorations, 61st Conference, European Association of Geoscientists and Engineers, Extended Abstracts,Volume 1, pg 4-47
- Šumanovac,F. & Weisser, M. (2001): Evaluation of resistivity and seismic methods for hydrogeological mapping in karst terrains, Journal of Applied Geophysics 47, pg 13-28
- Šumanovac, F. (2006): Mapping of sandy aquifers by using high resolution reflection seismics and 2-D electrical tomography, Journal of Applied Geophysics 58, pg.144-157.
- Trojanović,D. (1974): Izvješće o rezultatima istraživanja boksita korištenjem rudničke geofizičke opreme za geoelektrična istraživanja, Arhiv poduzeća Istarski boksiti Rovinj
- Zelenika,M. (1965): Izvješće o ekonomičnosti korištenja geoelektrične metode na istraživanju boksita ispod eocenskih krpica na sekciji Heki. Arhiv poduzeća Istarski boksiti Rovinj

GROUNDWATER FLOWS CONNECTIONS AND WATER SUPPLY IN HOLOKARSTIC BIHAĆ AREA, BOSNIA AND HERZEGOVINA

ABSTRACT

Significant number of occurrences of drinking groundwaters in various locations had been registered in the Bihać area of Una-Sana canton, Bosnia and Herzegovina. There are a great number of strong karstic springs in terrains with cavernous and fissured aquifers. The features of numerous springs point to the issue that they are very important natural resources, which may be used in water-supply, hydroenergetics, recreation, tourism, sport and agriculture. The most important drinking waters are the great karstic springs especially in canyon of the Una river.

All accumulations of underground waters represent renewable natural resources of meteoric origin and their use is unlimited in time and they have positive ecological effect also.

Reinterpretation of all dying tests of sinking waters data was done from geological, hydrogeological and hydrodynamic views. Negative consequences of fast, concentrated and privileged recharge of springs in Bihać area from sinkholes in karstic poljes in Lika region on quality of waters were defined. Privileged and concentrated paths of circulation of groundwaters are determined and these connections are deeper and have separate channels.

Water-supply of inhabitants of towns and larger places is performed from great karstic springs; the most important karstic springs Klokot, Privilica, Ostrovica and Toplica are genuine representants of karst of this region and in the same time present some of the strongest accumulations and springs of karstic waters in B&H. We proved the existence of deep karstification, much more of local erosion base – level of springs water outflow and presence of great static reserves of groundwaters (spring Klokot) – from that fact it is possible in minimum hydrologic condition to get much more groundwaters than they are in minimum; and thereby the possibility of longer mean residence time of waters and accordantly with this fact better autopurification in pathways of waters in karstic media from Lika to Una river valley. Cca 20 springs are very important and unique the most suitable intake structures for water-supply of inhabitants, public economy, tourism and other users of Bihać region and also of parts of Lika province in Croatia.

¹ ¹Geological Survey, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Ustanička 11. 71210 Ilidža, E-mail: zgeolbih@bih.net.ba

More important objectives are as follows:

- to protect the accumulations and springs from natural, anthropogenic and technogenic elements of pollution,
- to intensify polyvalent utilisation of waters in qualitative and quantitative sense,
- systematically explore important deposits especially those being exploited and to rationalise their usage.

BASIC GEOLOGICAL CHARACTERISTICS

Geotectonic setting

Bihać area belongs to Dinaric carbonate platform i. e. External Dinarides of Bosnia and Herzegovina or to zone of highkarst overthrust. Northern border of this zone goes from Bugar toward Bosanska Krupa to Sanski Most and on the south and SW stretches to Lika region of Croatia. In this zone carbonates rock masses of great thickness and space have undergone long-lasting and multiphase regenerated tectonic movements, which have relevant role in forming of hydrogeological characteristics of terrain.

There is the numerous plicative forms and also more numerous disjunctive tectonic elements; the most important structure is great diagonal fault with strike of structures NW – SE from Tržačka Raštela across Gata and Bihać toward Kulen Vakuf as a part of deep regional fault Karlovac – Bihać – Split. This fault made possible the appearances of springs with numerous and different types of waters; thermal – Tržačka Raštela, Vedro polje, Prošići, thermomineral – Gata, Račić, mineral – Ćukovi, Orašac, near these springs are situated gravitational strong karstic springs as they are Klokot, Lisa, Privilica, Dobrenica, Crnoć, Toplica and Ostravica.

Stratigraphy

Bihać area consists of Permian, Triassic, Jurassic, Cretaceous, Paleogene, Neogene and Quarternary rocks (Polšak et al., 1978, Papeš, 1984.). Triassic is represented by Campil beds, Anisian limestones, Ladinian – Carnian layers and Upper Triassic dolomites, Jurassic sediments are dolomites and limestones, Lower Cretaceous are limestones and dolomites and Upper Cretaceous rocks are limestones and flysch sediments. Paleogene and Neogene sediments are built of clastites, limestones, marls, sands and clays and Quarternary of gravels, sands and clays.

Tectonics

Three tectonic units are in this region, which consist of Mesozoic layers; in SW part of terrain exists tectonic unit "Mala Kapela – Lička Plješevica", in the middle "Gata – Ostrožac" and in the north "Lipovača – Grmeč" (Polšak et al., 1978, Papeš, 1984.). The first two units are overthrust on third unit i. e. overthrusting occurred in direction from NE toward SW. After folding and overthrusting tectonic units are very intensively faulted by normal and horizontal faults, which have caused creation the depressions with thick layers of clastites during Neogene in Bihać and Cazin basin.

All tectonic units are cut in more phases by different faults; the most significant structures are longitudinal faults, which have lengths even to 50 km. Remarkable faults in Bihaćko polje are as follow: Lipo-vača – spring Klokot, Lokve – Una doline, Tržačka Raštela – Žegar and Tržačka Raštela – Ripač – Kulen Vakuf.

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS

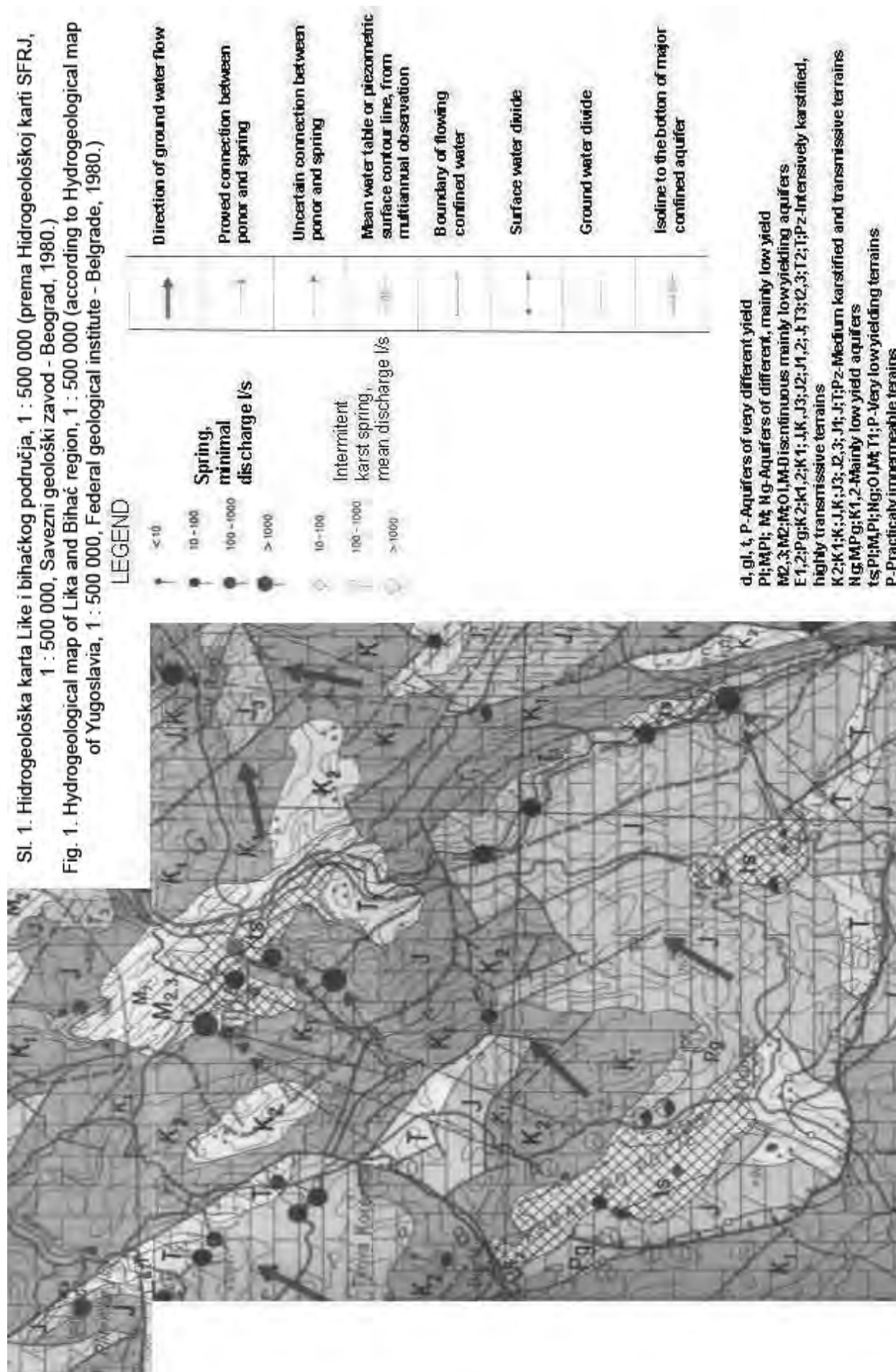
Mesozoic carbonate rocks – limestones, dolomitic limestones and dolomites of Triassic, Jurassic and Cretaceous period are the most significant hydrogeological collectors with cavernous-fissured porosity. In these formations are formed typical karstic aquifers with fast water exchange i. e. with short residence times of infiltration meteoric waters, consequence of this fact are great oscillations of yields of karstic springs during hydrologic year.

Cavernous-fissured rocks build mountains, karstic plateaus and karstic poljes between mountain massives and canyon and river Una doline. These structures are the most markant orographic forms and also they have the most important hydrogeological role in which occurs recharge and discharge of powerful karstic aquifers.

Fictive velocities of underground waters from karstic poljes in Lika toward springs round Bihać are from 1.7 to 2.2 cm/s according to results of sinkholes tracing. The ponors of Koreničko polje have disperse discharge to several springs, but the greatest part of tracers is registered on the largest spring Klokot. The sinkholes of karstic poljes Gornji and Donji Lapac and Mazin from Lika communicate to spring Ostravica near Kulen Vakuf. Werfenian clastites are footwall barriers to movements of karstic aquifers and Neogene sediments in Bihać polje represent hanging wall isolators to karstic aquifers in deeper parts of terrain.

The springs are appeared in erosion base of Una river and because of that it is not possible the existence of estaveles. River Una from Martin Brod to Bihać has $Q_{av} = 44 \text{ m}^3/\text{s}$ what is the evidence of great yields of numerous karstic springs. The important springs from Kulen Vakuf to Bihać are: Ostravica, Draga, Toplica, Crnoć, Klisa, Pećina, Loskun, Dobrenica, Privilica, Lisa, Panjak, and Klokot.

Thermal waters are occurred in Bihać basin in the zone of Tržačka Raštela – Bihać- Kulen Vakuf and their temperature is connected to ascendant convection of deep ground waters. In Vedro polje exists thermal spring and very closely to itself it appears cold karstic spring Pećina along the fault, which separates mountain massive Plješevica from Bihać basin. Cold and thermal waters are not in hydraulic connection and have different genesis, karstic waters are from one hydrologic cycle and thermal waters have not connection with meteoric waters after 1953, because they are inactive with ^3H . Chemistry of thermomineral waters of Gata and Račić reflect the circulation through Permian and Werfenian evaporites with very slow speed of water exchange. Gata represents exceptional valuable balneological-therapeutical water resource and the only thermomineral deposit in External Dinarides of Bosnia and Herzegovina.



Underground drinking waters

Groundwaters in Bihać region exist predominantly in karstic – fissured rocks and minor in intergranular sediments. This region is characterized with deep, intensive and irregular karstification of carbonates rock masses from which it is mainly built.

Aquifers are characterised with high filtration traits, great speed of water exchange and circulation of infiltration waters, irregular communications, oscillations of ground water levels are very large, relations $Q_{\max}/Q_{\min}$ are usually bigger than 10. The discharge of accumulations of ground waters is very fast and retardation properties of aquifers are regularly very low. In terrains of karstic poljes in Lika (Croatia) on the left side of the Una river (Lapačko, Bjelo, Krbavsko, Mazin, Koreničko) and on the right side in B&H (Bjelajsko, Dugo, Lipa, Dubovsko poljes) exist beside diffusive and concentrated sinking and circulation of ground waters on one and frequently more springs in hypsometric lower levels in canyon of Una river doline. These facts have negative repercussions to protection of springs waters, because fast water exchange does not make possible the autopurification of waters on these ground waters circulation paths.

Ostravica is spring of scattered type, which origins from 17 fissured springs on the length of 50 m with $Q_{\text{av}} = 4.9 \text{ m}^3/\text{s}$ and $Q_{\min.} : Q_{\text{av.}} : Q_{\max.} = 0.789 : 3.709 : 12.0 [\text{m}^3/\text{s}]$, oscillations of yields are lower than in other karstic springs, coefficient of tarissement (regression analyze) $\alpha = 0.0118$ in recession period shows good retardation capabilities after greater precipitations (Slišković, 1983). This spring supplies places Kulen Vakuf in B&H and Donji Lapac in Croatia with cca 30 l/s.

Infiltration waters of spacious karstic terrains round poljes Krbavsko, Bjelo and Koreničko and from mountain massive Plješevica discharge on springs from Klokot to Dobrenica in Bihać polje. Klokot consists of left and right spring, minimal annual flow are from VII to X month, average yield is $19.6 \text{ m}^3/\text{s}$, modulus of ground water run-off $M=32.14 \text{ m/s/km}^2$, coefficient of ground water run-off $N=64.9\%$ (Slišković, 1983).

Eastern edge of Bihać polje is built of dolomites, clastites and Upper Cretaceous flysch what results with yields of springs less than 10 l/s.

Water supply of inhabitants of towns and larger places is from karstic springs, which represent very abundant ground water accumulations. The most significant springs are done in Table 1.

Water supply of Bihać area

Water supply of inhabitants of towns and larger places is from great karstic springs, which represent very abundant ground water accumulations. The most significant springs are presented in Table 2.

Table 1. Water supply springs in Bihać area

No	Spring – location	Qmin., l/s	Qmax., l/s	Tapped, Yes, No	User
1.	Klokot-Bihać	2,000	70,000	Yes	Bihać
2.	Panjak - Bihać	5	400	No	
3.	Iljića vrelo	100	250	Yes	Bihać
4.	Bistrica	15	100	No	
5.	Privilica-Bihać	30	2,000	Yes	Bihać
6.	Žegar	6	1,000	Yes	Bihać
7.	Dobrenica-Lohovo	230	5,000	No	
8.	Pećina 1-Vedro polje	3	10	No	
9.	Pećina-Vedro polje	0	1000	No	
10.	Smiljanovac	1	5	Yes	Bihać
11.	Djakulin - Loskun	180	4,800	No	
12.	Crnoć-Nebljusi	1200	2,000	No	
13.	Draga –Kulen Vakuf	30	500	No	
14.	Toplica – Klisa	60	1,000	Yes	Orašac
15.	Ostrovica-Kulen Vakuf	750	16,000	Yes	Donji Lapac,Kulen Vakuf
16.	Dobrenica	30	1,000	Yes	Dobrenica

The possibilities of tapping of springs exist in numerous locations (Bistrica, Dobrenica, Panjak, and Loskun) and in springs in exploitation it is possible to get additional quantities of ground waters (Klokot, Ostrovica, and Toplica).

One can see that great number of springs is not made as intake structures and their locations are often unfavorable with regard to consumers, which are mainly far from themselves and situated on higher hypsometric levels.

Besides quoted springs there are more springs with low minimum yields, which supply minor settlements and villages and however have the great significance for inhabitants especially in wide karstic terrains.

Observations on utilization of ground waters

In Bihać area there are very abundant water resources with high quality as drinking waters, but their positions are unfavorable for economical usage, because they are situated in canyon of Una river in low hypsometric concerning to settlements. They are remote from majority of consumers and are in direct and rapid influence of pollution through sinkholes in karstic poljes. All springs may serve for water supply, but it is necessary to draw up the plans for protection and carry out the measures for intake structures and whole accumulations from different species of pollution as the drainage areas as the rivers too.

Some problems of investigation and utilization of ground waters on cited springs are as follows:

- negative consequences of concentrated and fast recharges of springs from sinkholes in karstic poljes (Krbavsko, Bjelo, Koreničko polje $\Rightarrow$ springs Klokot, Privilica, Dobrenica – Bihać basin, Gornje and Donje Lapačko, Mazin poljes $\Rightarrow$ spring Ostravica near Kulen Vakuf),
- there are two cases: a/ one ponor communicates toward several springs, b/ some ponors have hydraulic connection with several springs; the last case is more frequent than the first and difficult to solve the protection of springs,
- some springs are occurred under backwater line of river and others are situated even in river bed, what impedes their utilization,
- present protection of springs from pollution in sanitary zones round these springs is incomplete and it does not exist in broader drainage area and nobody respect the regulations,
- various hard and toxic waste during the war is uncontrolled deposited on numerous localities even in zones of fast circulation in drainage area of springs where directly jeopardizes themselves,
- the present landfills do not fill basic sanitary – technological conditions and their infiltrational waters pollute ground waters (landfill Vučijak $\Rightarrow$ spring Klokot),
- after 1992. is not performed the observations and measuring of hydrogeological parameters.

Groundwater connections

Infiltration waters of spacious karstic terrains round poljes Krbavsko, Prijeboj and Koreničko and from mountain massive Plješevica discharge on springs from Klokot to Dobrenica in Bihać polje. The karstic poljes to the eastern on the left side of Una river Gornje and Donje lapačko, Mazin i Bjelo polje discharge in the Una river valley from Loskun to Kulen Vakuf.

In terrains of karstic poljes in Lika (Croatia) on the left side of the Una river (Lapačko, Bjelo, Krbavsko, Mazin, Koreničko) exist beside diffusive and concentrated sinking and circulation of ground waters on one and frequently more springs in hypsometric lower levels in canyon of Una river doline. All waters from this region have the direction of ground water flow toward Una valley, what is proved by numerous tracer tests in various ponors of karstic poljes. Concentrated and disperse recharge of springs from numerous karstic poljes in Lika is the main characteristic of ground water circulation, which we can see in Table 2.

Table 2. Tracer tests of groundwaters in Bihać area

Dying test site, altitude m a. s. l.	Date of dying test	Site of appearance of tracer	Altitude of spring, m a. s. l.	Distance of sinkhole - spring (km)	Duration of travelling of tracer (h)	Fictive velocity of tracer (cm/s)	Type of connection	Hydrologic state of waters
Sinkhole of river Jaru- ga, Krbav- sko polje - RH 626	25.06.1969. (11 – 1630)	Klokot I	218	23	88	3,65	strong	medium waters
Sinkhole Prijeboj - RH 690	16.09.1982. (10 – 14 h)	Klokot I	218	12	48	3,47	strong	low wa- ters
		Klokot II	213	12	84	1,74	medium	
		Arkovac	290	10,3	264	1,08	weak	
		Brišovac	277	10,3	288	0,99	weak	
		Žegar	270	8,5	192	1,23	medium	
		Privilica	238	9,3	250	1,19	medium	
		Krbava - RH	650	18	144	3,47	strong	
		Jasikovac, RH	650	14	58	6,48	strong	
		Mirić Štropina, RH	620	3,5	48	1,97	medium	
		Slatka Voda - RH	655	8,3	70	3,24	strong	
Sinkhole Željava - BiH 340	02.07.1987 (10 - 13h)	Klokot I	218	6,525	36	5,09	strong	medium waters
		Klokot II	213	6,625	44	4,40	strong	
		Privilica	238	13,750	35	11,57	strong	
		Žegar	270	11,875	48	8,719	strong	
		V e d r o P o l j e (warm spring)	219	9,625	48	5,57	strong	
		Arkovac	290	3,5	26	3,76	strong	
		Briševac	277	3,175	58	1,78	weak	
Sinkhole Vučijak - BiH 340	09.10. 1984 (10 - 17 h)	Klokot I	218	4,5	15	6,48	strong	high wa- ters
		Klokot II	213	4,4	15	5,60	strong	
		Pećina - Vedro Polje	250	1,7	118	0,41	weak	
		Privilica	238	4,65	24	5,44	weak	
		Žegar	270	2,65	95	0,78	weak	

Sinkhole of river Korenica - RH 631	23.05.1968.	Klokot I	218	11		3,47	strong	medium waters
		Klokot II	213	11		3,47	strong	
		Privilica	238	12		2,78	strong	
		Dobrenica	331	12		2,78	strong	
		Ilijića Vrelo	230	10		1,97	medium	
		Pećina	250	10		1,97	medium	
Sinkhole Bare (Gornji Lapac) - RH 540	21.03.1972. (17 30 h)	Ostrovica	299,3	9,2	114,5	2,22	strong	medium waters
		Dobrenica	331	26	276	2,61	strong	
Sinkhole Dnopolje Donji Lapac- RH 700	03.07.1984. (12 – 21h)	Ostrovica	299,3	13,7	26	14,64	strong	low waters
		Toplica	308	11,6	26	12,39	strong	
		Zvijezda- RH	570	8,1	26	8,67	strong	
		Klisa	307	11,8	194	1,69	weak	
Sinkhole Mazin - RH 820	26.03.1973.	Ostrovica	299,3	14,0	240	1,61	strong	medium waters
Sinkhole Brezovac- RH 870	15.06.1989.	Ostrovica	299,3	13,1	193	1,89	strong	medium waters
		Joševica- RH	380	5,9	119	1,39	strong	
		Samac- RH	700	2,9	228	0,36	weak	
Sinkhole Krivodol- BiH 365	19.04.1986. (800 - 1200h)	Vrelo	275	4,08	314	0,36	weak	medium waters
		Mutnik MB-1		7,12	391	0,17	weak	
		Mutnik MB-2		7,14	408	0,17	weak	
		Mutnik MB-3		7,6	412	0,18	weak	
		Dobrenica- Ca- zin	238	1,8	16	3,25	strong	

Fictive velocities of groundwaters from karstic poljes in Lika toward springs round Bihać have great range from 1.4 to 14.6 cm/s according to results of sinkholes tracing. The ponors of Koreničko polje have disperse discharge to several springs (Klokot, Vedro polje, Privilica, Dobrenica) with speed 1.9 to 3.5 cm/s, but the greatest part of tracers are registered on the largest spring Klokot, Krbavsko polje has connection only with spring Klokot (3.65 cm/s), ponor Prijeboj communicates to Arkovac, Brišovac, Klokot ($v=3.5$ cm/s), Privilica, Žegar, Gornji Lapac ($v=2.2$ cm/s), Donji Lapac ($v=14.6$ cm/s) and Mazin ($v=1.6$ cm/s) from Lika communicate to spring Ostrovica near Kulen Vakuf.

The recharge area of spring Klokot is from numerous ponors (Željava, Vučjak, Prijeboj, Korenica, Krbava). Krbava, which is the most distant from spring Klokot, has connection only with this spring and the other ponors communicate dispersal toward more springs. The velocities to Klokot are the greatest and speeds to Privilica are always less except Željava. Waves of tracers in diagrammed appear on the way of pikes what indicates on movement of groundwaters not only by one main shorter flow but to one secondary communication, which are joint after some times and thus the concentration of tracer is increased.

Independent connection exists from Kravsko polje only to Klokot and there is not the disperse connection toward many springs like Koreničko polje. When it would be one path to Klokot from both poljes, we would have connections to all springs from Krbava also like Korenica. That means there are separate paths from Krbava and from Korenica to Klokot. The altitude of Korenica is little higher than Krbava and one can conclude the existing of deeper channel from Krbava to Klokot than this one from Korenica to Klokot. The existence of these paths we can presume from the results of exploration of pipe channels in spring Klokot performed by divers in 2003 and 2004, where we can see the vertical influent channel of water from the depth more than 110 m below the level of spring water outflow.

Ponor Prijeboj communicates to all sites round during high levels of waters (Bihać, Korenica, Plitvice, and Krbava); it is interesting at the same time circulation paths to Krbava and Korenica and to Bihać valley also. According to its high altitude one can see the existence of probably the shallower channel from this ponor to Krbava and Korenica but at the same time there is particular inverse path from Krbava to Klokot in deeper horizons and one another the third circulation path from Koreničko polje toward Klokot,

Ostrovica has dispersed and concentrated recharge from more ponors and thus means great watershed, which one can protect with numerous difficulties.

Dobrenica is non-tapped spring and in the same time it is perspective for water supply, it is recharged from both sides of Lika karst – western part (Koreničko polje) and eastern part (Lapačko polje). The speed of circulation is something greater of this one to Ostrovica although the distance from ponor Bare – D. Lapac is three times greater to Dobrenica, which is situated on the lower hypsometric level in relation to Ostrovica. At the same time the greatest speeds are from Donji Lapac toward Ostrovica (14.6 cm/s) and Toplica (12.3 cm/s), which are 6 times greater than this one from Gornji Lapac to Ostrovica (2, 22 cm/s), what implicates the existence of privileged, fast and concentrated circulation paths from ponor Dnopolje – Donji Lapac toward Ostrovica respectively conditioned by fault elements in karstic massive.

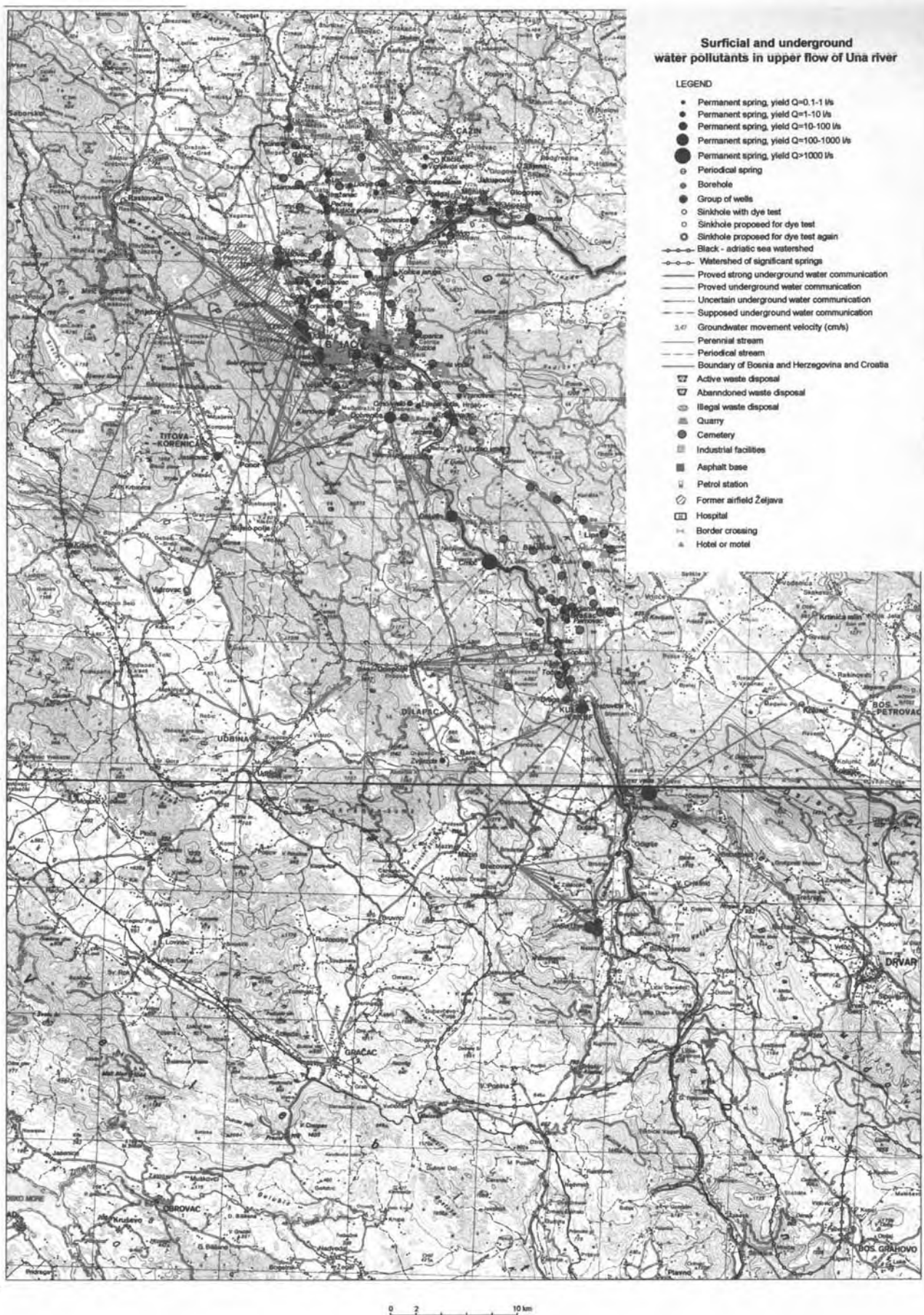


Fig. 2 Map of groundwater flows connections in Bihac region

There is a strange case of connection of waters from Gornji Lapac to Dobrenica but not from closer ponor from Dnopolje. The reason of non registered connection from Dnopolje to Dobrenica is probably because of during dying test this spring was not observed Dobrenica. Ponor Gornji Lapac is on lower altitude than Dnopolje and because of this fact it is probably the deeper connection toward Dobrenica than to Ostrovica i. e. it exists the shallower circulation to Ostrovica; one can see it has in vertical sense two separate circulation paths- probably shallower to Ostrovica and deeper to Dobrenica.

It is also strange case of northwest sense of circulation of waters from sinkhole Vučjak to Klokot and other springs, this sense is inverse related to all other proved communications (Korenica, Prijeboj, Željava).

Low speed of circulation on line Vučjak – Pećina one can explain with extremely high levels of groundwaters. Spring Pećina is periodical and it has the great oscillations of yield, what gives evidence on good connections with surface of terrain and water communications have the great values of transmissivity.

Analysis of tracing data we can conclude the followings:

- negative consequences of concentrated and fast recharges of springs from sinkholes in karstic poljes in region Lika, what can signify the karstification in lower hypsometric parts of karst terrains,
- there are three cases: a/ one ponor communicates toward only to one spring, b) several ponors to one spring, c/ some ponors have hydraulic connection with several springs; the last case is more frequent than the first and difficult to solve the protection of springs,
- the ponors on lower levels and nearer to springs (Prijeboj, Vučjak, Željava) have greater dispersion of groundwater connections, what can signify the karstification in lower hypsometric levels is greater than this one in higher levels - this conclusion is one paradox also,
- ponors with greater distances from springs and in higher levels (Mazin, Krbavsko polje) have the connection only to greatest springs (Ostrovica, Klokot) and the velocities are lower during medium waters, these concentrated connections are likely deeper and these paths to Klokot have the separate ways of circulations than those from Koreničko polje,
- during high water levels ponor Prijeboj communicates to Bihać valley and even toward three sides: Plitvice area, Krbavsko polje and Koreničko polje and in low levels of waters probably has the connection only to springs in Bihać valley,
- the velocities are always similar toward Klokot during different water levels from various karstic poljes, this fact implies there are no more paths of circulation from single karstic polje,
- the speeds have greater values from nearer ponors during medium water levels
- the less speed to Klokot II than to Klokot I one can explain by more concentrated flow to springs of greater yield, determining of watersheds of single springs is not possible to define because of dispersion of dying tests,
- the greatest quantities of tracers are registered in the strongest springs.

Assesment of pollution influence to water quality

Data on uncontrolled waste deposits formed before and during the war as a potential sources of water contamination, which have the consequences to serious possible impact to the human health are defined.

List of industrial facilities from which outflow unconditioned waste waters in ponors and pits in karst media and also in Una river (airport Željava, waste depository Vučjak in period before the war e. t. c.) with direct registration in the field. Here we determined the principal pollutants of the river Una and also which facilities and factories do not perform any treatment of their hazardous waste effluents i. e. hard and liquid harmful wastes.

Allocation of quarries of different types of rocks and also harmful wastes uncontrollably disposed in improper places especially during the war 1991 – 1995 was done also.

Pollution of the most important springs for water supply in Bihać area are in the greatest part the result of inflows of waters from karstic terrains in Croatia, because of this the good quality of spring waters depends of purification of waste waters in Lika region.

Table 3. Overview of quality of important springs for water supply

Spring, name	Location, municipality	Date of examination	Result, satisfactory/no satisfactory	
			Physical-chemical finding	Bacteriological finding
Klokot.	Klokot, Bihać, Town water-supply	18.06.2003.	Satisfactory	Satisfactory
		7.05.2003.	„	„
		8.04.2003.	„	„
Smiljanovac	Bihać, Ripač Local water-supply	16.06.2003.	„	no satisfactory
		08.05.2003.	„	satisfactory
		09.04.2003.	„	„
Trbljevik	Bihać Žegar, Town water-supply	16.06.2003	„	„
		06.05.2003	„	„
		08.04.2003	„	„
Gata	Bihać, Gata Local water-supply	16.06.2003	„	„
		07.05.2003	„	no satisfactory
		06.03.2003	„	satisfactory
Ostrovica	Kulen Vakuf	16.06.2003	„	satisfactory
		06.05.2003	„	„
		09.04.2003	„	no satisfactory
Privilica	Bihać Privilica Town water-supply	16.06.2003.	„	satisfactory
		06.05.2003.	„	satisfactory
		08.04.2003.	„	„•

One can see present state of protection of springs is insufficient regarding to current and potential sources of pollution. The protection is very often incomplete or non adequate, and it is not rare cases where the same is omitted.

It is important to stress Programme for Una river – Bihać first organized examination of quality of waters of Canton and elaboration of protection projects of water supply sources in 2003 and 2004.

In spring Klokot 1984. was determined Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, As and Cr some less of regulations and fat and oil were over standards. The quality of waters in sanitary – epidemiological sense varied and very often did not satisfy standards.

Ostrovica had elarged oil and fat, fenols, turbidity and suspended matters from 1983 to 1986, what one can designate as industrial pollution in recharge area in Lapac. The presence of bacteria in water points out on fecal pollution in watershed and thus water can become potable water by measures of disinfection.

Characteristics of waters pollution

The way of solving of waste waters of different industrial companies is performed separately with pour piths – wells without previous purification of waters or by direct outflowing into river recipient. These solutions of disposition of waste waters are not acceptable because they jeopardize quality of surficial and groundwater's.

The greatest load of pollution origins from inhabitants, growing of cattle and in minor part of industry and other activities. The load of pollution of wastewaters of industry is twice times less regarding to the state before the war 1992-1995. This is the result of minor employment and production, especially of textile industry, after the war. This decrease of pollution evidently is not result of better treatment of wastewaters or improvement of work in ecological sense. Total waste waters of municipality of Bihać load the Una river as final reception flow with over than 70,000 equivalent inhabitants and this load of pollution is now less than before the war.

Unknown consequences as for soil, ground and surface waters and air surely i zrak come from toxical matters, which were in depots in military facilities of airport and tunnels Željava (now partly in Croatia and BiH), these installations were partly mined during the war and in present day also under mines. Very dangerous and unpredictable pollutants are especially the ponors, which are speed and concentrated circulation paths of groundwaters in Lika, Željava and not yet regulated former waste depository Vučjak.

Proposals for further investigations and utilization of ground waters

Ground waters will be in the future also as it is now the most important resource for water supply in this region. Because of that it is necessary to investigate the regime, balance, reserves, quality, protection of springs and aquifers for the purpose of optimal and rational utilization of waters. The protection of springs is solved neither in narrow zones nor in broader parts of drainage areas, and it is necessary working out the elaboration of protection and especially their realization in terrain.

The war circumstances jeopardized the aquifers and it is necessary the registration the present situation and defining the elements of protection. After cuts of forests, devastation of terrains and destroying facilities, destruction and burning of houses, depositing of different harmful and toxic materials we must to plan and realize the protection of intake structures and drainage areas (in 1995. in B&H 32% microbiological and 42% chemical analyses were out of order).

Priorities of investigations are determined to needs for waters and jeopardize of aquifers in the places where the biggest consumption of waters exists.

The tasks in future period are as follows:

- determine present state of quality of waters especially in intake structures,
- select the favorable karstic springs for water supply taking into consideration the possible protection of the entire watersheds,
- perform the detailed hydrogeological investigations and forecast hydrodynamic and chemical regime with solving the relationship between surface and ground waters and determine measures of protection of aquifers,
- protect surface waters and purify wastewaters in karstic poljes in Lika (Croatia) before than they lost in ponors, which with rapid and concentrated flows recharge the great and significant springs in B&H; it is necessary to make the agreement between authorities in Croatia and B&H how to protect waters adequately (the regulations of protection are different in both countries),
- waste landfills without sanitary – technical solving and control in drainage areas of springs particularly in zones of fast communication of infiltration waters toward springs must be immediately removed and such cases prevented in the future,
- intensify polyvalent utilisation of ground waters in qualitative and quantitative sense
- whenever it is technically possible and economically justified.
- systematically explore important aquifers especially those being exploited and rationalise their usage.

REFERENCES

- Grupa autora, 1969.: Geologija i hidrogeologija sliva rijeke Save. FSD Direkcija za Savu. Zagreb
- Grupa autora, 1969. Hidrogeološka karta - Jugoslavija – Regulacija i uređenje rijeke Save. Zagreb
- Ivković, A. et al., 1983.: Tumač za hidrogeološku kartu SFRJ. SGZ – Beograd
- Josipović, J., Atanacković, M., 1968: Hidrogeologija slivnog područja rijeke Save na teritoriji BiH. Sarajevo
- Komatina, M., Miošić, N. et al., (1980): Hidrogeološka karta SFR Jugoslavije, 1:500,000. Savezni geološki zavod - Beograd
- Lačević, V., (1997): Pregled stanja vodoprivrednih komunalnih sistema, Savjetovanje "Gospodarenje vodoprivrednim komunalnim sistemima", Cazin 22-23. III 1997. Javno vodoprivredno preduzeće „Vodoprivreda“ - Sarajevo, p. 29 - 35
- Miošić, N., 1977.: Pregledna hidrogeološka karta, 1:200,000 Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut - Sarajevo
- Miošić, N., 1977.: Tumač Pregledne hidrogeološke karte, 1:200,000 i 1:500.000 Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut - Sarajevo
- Miošić, N., (1984): Osnovne karakteristike podzemnih voda Bosne i Hercegovine Zbornik referata VIII - Jugoslovenskog simpozija o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji - Budva.
- Miošić, N., (1996): Pitke, mineralne, termalne i termomineralne vode Unsko – sanskog kantona. U „Mogućnost i perspektiva razvoja Unsko – sanskog kantona na bazi prirodnih mineralnih sirovina”. Unsko-sanski kanton- Ministarstvo industrije, energetike i rudarstva, Zavod za geologiju - Sarajevo
- Miošić, N., (1996): Fresh, mineral, thermal and thermomineral waters of Una – Sana canton. In: "Capacities and perspectives of development of Una – Sana canton on the basis of natural mineral resources". Una – Sana canton - Ministry of Industry, Power and Mining, Institute of geology Sarajevo
- Miošić, N., (2000 - 2001): Podzemne pitke, mineralne, termalne i termomineralne vode Unsko - sanskog kantona, Bosna i Hercegovina. Bilten Speleološkog društva "Bosansko – hercegovački krš" - Sarajevo
- Polšak, A. et al., 1978. Osnovna geološka karta i tumač lista Bihać, 1:100,000. Savezni geološki zavod Beograd
- Slišković, I., 1973.: Regionalna hidrogeološka istraživanja sliva rijeke Une. FSD Zavod za geologiju Sarajevo
- Slišković, I., (1983): Hidrogeološka rajonizacija i bilans podzemnih voda u pukotinskim i karstno pukotinskim masama BiH. FSD Zavod za geologiju - Sarajevo.
- Slišković, I., Miošić, N., (1982): Bilans podzemnih voda Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut Sarajevo
- Slišković, I., Plavkić, J., Miošić, N., (1985): Bilans podzemnih voda Bosne i Hercegovine. FSD Geoinstitut-Sarajevo
- Slišković, I., Plavkić, J., Miošić, N. (1990): Bilans rezervi podzemnih voda na teritoriji RBIH za 1989. godinu. FSD Zavod za geologiju - Sarajevo

STANJE REZERV I MINERALNIH SIROVINA LIVANJSKOG BAZENA

1. UVOD

Suglasno članu 23. Zakona o geološkom istraživanju Hercegbosanske Županije i članu 24. Zakona o geološkom istraživanju Federacije Bosne i Hercegovine podnosimo izvješće za 2007. godinu o stanju i kvalitetu mineralnih sirovina u ležištima livanjskog bazena nad kojima "Rudnici ugljena "Tušnica" d.o.o." Livno ima ingerenciju.

Privredno – gospodarsko društvo "Rudnici ugljena "Tušnica" d.o.o. Livno, poduzeće je sa stoljetnom tradicijom u eksploataciji i istraživanju određenih mineralnih sirovina.

Danas u sastavu Rudnika ugljena "Tušnica" posluju tri pogona:

- Pogon "Tušnica" Tušnica – Površinski kop mrkog ugljena "Drage"
- Pogon "Lignit" Prolog – Površinski kop lignita "Table"
- Pogon građevinskog materijala "Podgradina" – Kamenolom vapnenca "Podgradina"

Uprava rudnika, sa sjedištem u Livnu obavlja zajedničke poslove pogona (uprava i administracija) i čine postojanu funkcionalnu vezu sa proizvodnjom.

Navedena tri pogona vrše eksploataciju mineralnih sirovina na ležištima mineralnih sirovina za koje Rudnik ugljena "Tušnica" posjeduje dokumentaciju o istraživanju i eksploataciji. Osim navedenih ležišta mineralnih sirovina, Rudnici ugljena "Tušnica" u dugogodišnjem periodu, ishodio i sudjelovao u istraživanju drugih mineralnih sirovina na području općine Livno.

Sadašnji menadžment R.U. "Tušnica" d.o.o., iako suočen sa nemogućnošću plasmana lignita a i drugim poslovno - finansijskim problema, nastoji blagovremeno izvršiti zakonsku valorizaciju prirodnih bogatstava prema važećim rudarsko-geološkim zakonima Hercegbosanske Županije i Federacije Bosne i Hercegovine.

2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE I POVIJEST ISTRAŽIVANJA

Prva geološka istraživanja livanjskog bazena, kraškog polja površine od oko 400 km² potiču još iz 1880. godine od strane poznatih bečkih geologa (Mojsisovics, Tietze, Bittner) koji su konstatirali ugljonošne naslage miocenske starosti i ove sedimente stratigrafski svrstali u "slatkovodni neogen". Ova slatkovodna ugljonošna serija debljine preko 2000 m leži diskordantno preko tvorevina osnovnog gorja mezozoika i dijelom paleogena. (Prilog br. 1)

Osnovno gorje mezozojske starosti zastupljeno je vapnencima i dolomitima jure i krede, a mjestimično paleogene starosti eocenskim i eocensko-oligocenskim vapnencima, na području Podgradine i Orlovače.

Na osnovu paleontoloških ispitivanja flore i faune utvrđeno je da slatkovodna ugljena serija obuhvaća čitav miocen i da se može podijeliti na dva polifacijalna miocenska kompleksa: stariji sa mrkim ugljem i mlađi sa lignitom.

- *Stariji miocenski polifacijalni kompleks*

Ovaj kompleks debljine oko 1300 m litološki je podijeljen u četiri paketa slojeva.

P r v i p a k e t sačinjavaju tri zone: bazalna zona (do 30 m), Tušnička ugljena zona (do 20 m) i zona povlatnih tamnosivih bituminoznih vapnenca sa pizidijumima (do 30 m).

D r u g i p a k e t predstavljaju sivi valenciozijski vapnenci podjeljeni u dvije zone: zonu bituminoznih vapnenca (600 m) i zonu laporovitih uslojenih vapnenca do 200 m debljine.

T r e ć i p a k e t čini višu krovinu tušničkoj ugljenoj zoni debljine do 400 m, a predstavljaju ga žućkasti kongerijski vapnenci i laporci.

Č e t v r t i p a k e t, vosoku krovinu ugljene zone, predstavljaju alternacija sloja pješčara, laporaca i tufova (do 150 m) i alternacija slojeva konglomerata, pješčara i lapora.

- *Mlađi miocenski polifacijalni kompleks*

Ovaj kompleks čine: **l i g n i t s k a z o n a** i **a l t e r n i r a j u ć a s e r i j a** slojeva pješčara, pjeskova i šarenih glina.

L i g n i t n u z o n u debljine do 200 m čine ligniti razvijeni u slojeve litostratigrafski razdvojene laporovitim glinama, glinovitim laporcima te pjeskovitim i ugljevitim glinama sa slojevima pješčara i lapora. **A l t e r n i r a j u ć a s e r i j a** slojeva pješčara, pijesaka i šarenih glina predstavlja završni član slatkovodne serije, debljine do 210 m, a izgrađena je od klastičnih sedimenata: krupnozrnatih i sitnozrnatih pješčara, zatim pijesaka, pjeskovitih glina.

3. LEŽIŠTA MRKOG UGLJENA

3.1. Ležište mrkog ugljena “Tušnica”

Ležište mrkog ugljena “Tušnica” obuhvaća krajnji jugoistočni dio livanjskog ugljonosnog bazena između planine Tušnice, Podhuma i Grgurića. Na ležištu je područje rudnika mrkog ugljena “Tušnica” sa pripadajućim eksploatacionim polje 400 h, koje je definirano sa pet vršnih točaka sa pripadajućim zemljopisnim koordinatima:

	Y	X
A	6426488,22	4843144,78
B	6425088,22	4843144,78
C	6425088,22	4845144,78
D	6426488,22	4845144,78
E	6427679,97	4844144,78

Područje rudnika “Tušnica” predstavljen je blagim brežuljcima koji su karakteristični za većinu područja izgrađenih od neogenih naslaga. Područje ima nadmorsku visinu između 850 i 950 m.

U užem području “Tušnice” nalaze se potoci: Martinovac, Drage, Novakovac, i Mandak. Tokovi potoka u gornjem dijelu su duboko usječeni u teren. Tu je teren raspucan i propustan pa površinske i padalin-ske vode brzo se infiltriraju u podzemlje.

Klimatske prilike su nepovoljne i imaju značajke oštre kontinentalne klime. Zime su vrlo hladne s dosta snijega i jakog vjetra. Najniža prosječna mjesečna temperatura je zabilježena u siječnju 1967. godine i iznosila je $-5,3^{\circ}\text{C}$. Ljeta su kratka i topla. Najviša prosječna mjesečna temperatura izmjerena je u kolovozu 1971. godine i iznosila je $+ 20^{\circ}\text{C}$. Studeni je najkišovitiji mjesec u ovom području.

Na cijelom području ležišta mrkog ugljena “Tušnica” razvijeni su sedimenti starijeg miocenog kompleksa. Počinje bazalnom serijom (klastični sedimenti), preko kojih leži ugljonosna tušnička zona, a zatim slijede laporovito-vapneni sedimenti (valencienezijski i kongerijski). Sedimentacija završava klastičnim naslagama (pješčenjaci i konglomerati) praćeno vulkanogenim sedimentima (tuf).

Ležište ugljena “Tušnica” ima strukturni oblik sinklinale koja tone u pravcu zapada pod kutem od oko 15° . U okviru te ugljene zone postoji samo jedan sloj kvalitetnog mrkog ugljena, čija debljina varira u granicama od 0,6 m do 15,2 m.

Tušnički sloj ugljena je relativno složene strukture. U idelnom slučaju je debljine 6-7 m razdvojen slojem 30 cm pješčara ili pjeskovitog lapora na dva gotovo jednaka dijela. Povlatni sloj je kvalitetniji i izgrađen je od čistog sjajnog ugljena. Podinski dio sloja ima izraženu glinenu i laporovitu komponentu pa je lošije kvalitete i ugljen je bez sjaja (mat).

Podina ugljena uglavnom je sastavljena od tankoslojevitog ugljena u izmjeni s proslojcima ugljevitog gline ugljevitog lapora i gline. Uglavnom je male debljine (do 30 cm).

Ležište mrkog ugljena "Tušnica" prema složenosti geloške građe, nagibu slojeva, stupnju tektonske pomerenosti i promjenljivosti slojeva koji ne gube svoju produktivnu debljinu i kvalitetu, prema važećim propisima svrstavamo ga u drugu grupu i drugu podgrupu ležištu ugljena.

Ležište je izbušeno sa 39 istražnih bušotina sa jezgrovanjem dubine do 470,0 m. Geološko istraživanja i bušenja su vršena višefazno, sa velikim vremenskim prekidima.

Ukupno je izbušeno 8. 693 m. U periodu od 1982-1984. izbušeno je 12 bušotina koje su jezgrovane cijelom dužinom i njihov raspored je prilagođen važećim propisima i uklopljen u postojeću mrežu starih bušotina. Na osnovu raspoloživih geoloških istražnih radova 1984. godine urađen je "Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji i proračunu rezerve ugljena u ležištu mrkog ugljena "Tušnica", od strane Instituta za geologiju iz Ilidže. Republički komitet za energetiku i industriju izdao je rješenje 28.05.1985. godine kojim se potvrđuju rezerve i kvaliteta mrkog ugljena u Tušnici i iznose:

-tisuće tona-

K A T E G O R I J A					
A	B	C1	A+B+C	C2	A+B+C1+C2
1 871	11 482	3 000	16 353	1 865	18 218

Prosječna kvaliteta čistog ugljena u ležištu (bilančne rezerve): osnovne vrijednosti za rovni ugljen kao i vrijednosti sitne frakcije ugljena dobivene iz jame su sljedeće:

S a s t a v		Čisti ugljen	R o v n i	Sitni ugljen
Gruba vlaga	wg %	7,05		6,63
Higro vlaga	Wn %	7,85		9,01
Ukupna vlaga	wu %	14,90	14,49	15,64
Pepeo	A %	29,42	38,19	34,32
Sagorive materije	SM %	55,68	47,32	50,04
Volatili	V %	28,76		27,08
C-fix	%	26,92		22,96
Koks	%	56,34		57,28
Sumpor ukupni	Su %	3,50	3,23	2,54
GTE, KJ/kg		15284	13078	
DTE, KJ /kg		14350	11818	11983

Prvo geološko istraživanje i rudarenje na ležištu mrkog ugljena "Tušnica" vezana su uz austrougarsku vladavinu na ovim prostorima. Prvi podaci u pojavi ugljena datiraju još od 1880. godine. Nakon istražnih radova rudnik "Tušnica" otvoren je 1908. godine. Značajnija jamska eksploatacija i proizvodnja mrkog ugljena vezana je za 1919. god. kad se eksploatacija mrkog ugljena uz koncesiju ustupa dioničkom kapitalu "Opskrba" Split. Proizvodnja je bila namijenjena parobrodskim društvima širom Dalmacije i kretala se do II s.r. oko 6.000 tona godišnje. Poslije II s.r. otvaraju se jame Stari Martinovac, Drage i Novi Martinovac. Jama Stari Martinovac likvidirana je 1963. godine, jama Drage radila je 4 godine a u toku njene eksploatacije 1963. godine otvorena je jama Novi Martinovac, koja je na osnovu tadašnjih dokazanih rezervi projektirana na rad od 15 godina. Jamska proizvodnja se održala sve do 1992. godine kad se jama zatvara radi iscrpljenosti ugljena u ovom dijelu ležišta.

Na osnovi geoloških istražnih radova odnosno i "Elaborata o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi ugljena" (1984), 1985 izrađen je "Investicioni program razvoja Rudnika mrkog ugljena "Tušnica" i otvaranje "Nove jame" – Tušnica. Radi nedostatka financijskih sredstava kao i neizvjesnog tržišta ugljena "Nova jama" nije otvorena.

Za nastavak rada Rudnika "Tušnica" (manjeg kapaciteta) 1991. nađeno je rješenje u površinskoj eksploataciji izdanačke zone ležišta koji je i danas u radu. Tijekom 1991. godine na izdanačkom dijelu ležišta "Tušnica" na lokalitetu Drage izvršeno je istražno bušenje na ispuh, prilikom kojeg je definiran ugljeni sloj koji isklinjava u Dragama.

U području površinskog kopa "Drage" početkom 1995. godine izvedene su četiri plitke bušotine sa jezgrovanjem do podine ugljenog sloja, ukupne dužine 122,7 m.

Sve bušotine izvedene su u nizu, neposredno ili u blizini uzdužnog rasjeda koji predstavlja južnu granicu otvorenog površinskog kopa "Drage" gdje se vrši eksploatacija ugljenog sloja.

Na osnovu istražnih bušenja "Institut za Geološka istraživanje "Zagreb, sastavio je "Izvješće o izvršenim istražnim radovima na površinskom kopu "Drage" s proračunom rezervi mrkog ugljena". Lokalitet "Drage" smješten je na krajnjem sjeveroistočnom rubnom području ležišta mrkog ugljena "Tušnica".



Slika 1. Eksploatacija na površinskom kopu

Nastavak istražnih radova uslijedio je 1996. godine kad su izbušene tri bušotine koje su se uklopile u dotadašnju mrežu bušenja B-5/96, B-6/96 i B-7/96

U 2002. godini istražni radovi na PK "Drage" bili su intenzivni i izvođeni od strane "GEA" Tuzla koja je sačinila: «Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi mrkog ugljena izdanačke zone P.K.»Drage» ležišta ugljena Tušnica, Općina Livno, sa stanjem 31.12. 2002 godine», koji je revidiran od nadležne stručne Federalne komisije na osnovu kojega je Federalno ministarstvo energije rudarstva i industrije Mostar donijelo Rješenje Up/I broj :O7-18-70/03 o potvrđi geoloških rezervi i kvaliteti mrkog ugljena izdanačke zone Rudnika ugljena «Tušnica» na području P.K.»Drage» sa stanjem 31.12.2002. godine i to :

1. Bilansne rezerve

- 000 t -

K A T E G O R I J A			
Ležište	A	B	A+B
P.K.»Drage»	166	165	331

2. Kvalitet ugljenog sloja

Gruba vlaga2.67

Hidro vlaga 9,79

Ukupna Vlaga 16,40

Pepeo 18,16

Sagoriva materija 65,45

Ukupni sumpor 4,03

Gorivi sumpor 3,64

Gornja karolična vrijednost 16.430 KJ/kg

Donja kalorična vrijednost 15.067 KJ/kg

Koks 50,78

Hlapivo (volatili) 48,92

Fiksni ugljik 32.28

Suho hlapivo (volatili) 31.38

U geološkoj građi samog ugljenog ležišta, odnosno lokaliteta Drage zastupljene su litofacijalne cjeline:

- gornjojurske karbonatne bazalne ili naslage podine, na koje transgresivno naliježu ugljonosne neogenske naslage
- bazalna zona izrađena od lapora, pješčenjaka, konglomerata i sivoplavih glina
- zatim slijedi tušnička ugljena zona, izgrađena od ugljenog sloja s tankim proslojcima lapora, a neposrednu krovinu ugljenom sloju tvore bituminozni vapnenci s pizdijumima
- viša krovina, izgrađena od sivih laporovitih vapnenaca s klivunelama.

Utvrđena debljina ugljenog sloja kreće se od 1 do 12 m, a prosječna debljina unutar površinskog kopa iznosi 9,5 m.

Elaborat obrađuje uzak pojas izdanačke zone tušničkog ugljenog sloja na području PK "Drage" gdje su tektonski pokreti bili intenzivni, tj. elementi ovako učestale rasjedne tektonike nisu zabilježeni na ranijim tektonskim kartama.

Tijekom 2004. god izrađen je « Dopunski rudarski projekt eksploatacije preostalih eksploatacijskih rezervi mrkog ugljena na PK "Drage" rudnici ugljena "Tušnica" Livno » od strane Rudarskog instituta Tuzla.

Eksploatacija ugljena u 2007 godini odvijala se kao i u 2006. god. unutar označenog bloka B-1 i iznosila je 31.724 t što je za 1 % više u odnosu na 2006. godinu. Otkrivka u 2007. god iznosila je 109.871 m³č. m. što čini omjer dobivenog mrkog ugljena i uklonjene otkrivke 1 : 3,5 (t : m³č.m.), odnosno 1: 4,8 (t : m³.r.m.).

Stanje rezervi sa stanjem 31.12. 2007. god. iznosi:

Klasa Rezervi	Kategorija rezervi	Količina (t)	Eksploatacioni gubici (%)	Razlika (t)	Eksploatacione Reserve (t)
Bilansne	"A"	64.142	10	6.414	57.728
Bilansne	"B"	108.044	10	10.804	97.240
Bilansne	"A"+"B"	172.186	10	17.218	154.968

Prodaja mrkog ugljena u 2007. god iznosi: 1.075,7 t. komadnog ugljena, vlastite potrošnje 32,5 t. a 29.994,72 t. sitnog asortiman isporučeno je u T.E. Kakanj. Ukupna prodaja u 2007.god iznosila je 33.311,48 t. mrkog ugljena, što je u odnosu na 2006.god. smanjenje za 6 %. Rezerve mrkog ugljena na deponiju stanjem sa 31.12.2007.god. iznose 2.257,46 t.

Tijekom 2007. god izvršeno je nekoliko istražnih radova na potvrdi i proširenju stanja rezervi mrkog ugljena na PK "Drage". U tu svrhu izbušeno je pet bušotine bušilicom na jezgrovanjem. Istražne bušotine bile su potvrde kvalitete u samom eksploatacionom polju u blokovima određenih elaboratom. Analiza ugljena u blokovima A-2 i B-2 izvršena je na jedanaest uzoraka od strane "Inspekt-RGH" d.d. Sarajevo i nije bila sukladna analizama prijašnjim rezultatima. Stoga tehnička služba predlože cjelovita geološka istraživanja potvrde bilančnosti rezervi ovih blokova i preimenovati u vanbilančne rezerve.

Rezerve kvalitetnog ugljena su ograničene količine, koja neće biti dostatna za planiranu proizvodnju u 2008. god.

3.2. Potencionalna ležišta mrkog ugljena Čuklić i Priluka

Tijekom 1985. godine u Livanjskom ugljonosnom bazenu vršena su istraživanja mrkog ugljena metodom detaljnog geološkog kartiranja u razmjeri 1:10.000. Detaljno geološko kartiranje je izvedeno na dva lokaliteta Priluka i Čuklić. Područje zahvaćeno detaljnom kartom 1:10.000 na lokalitetu Priluka ima površinu od oko 12 km² na potezu od Priluke do Prispa. Na lokalitetu Čuklić područje zahvaćeno geološkim kartiranjem prostire se od Orguza i Čuklića do Bile i Srđevića i iznosi 25 km².

Osnovni cilj izrade detaljne geološke karte 1:10.000 je izučavanje i prikazivanje litostratigrafskih odnosa i strukturnih odnosa u širem području unutar neogene serije sedimenata u svrhu eventualne identifikacije tušničke ugljene zone u zapadnom dijelu bazena. Ovi lokaliteti su izabrani jer su oni prema prethodnim podacima bili najperspektivniji.

Programom regionalnih geoloških istraživanja, na osnovu kojeg je i rađeno detaljno geološko kartiranje, bilo je predviđeno i da se uradi nekoliko istražnih bušotina u cilju provjere rezultata kartiranja. Urađena je samo jedna istražna bušotina na lokalitetu Čuklić a investitor je bio R.U "Tušnica". Nažalost istražno bušenje nije nastavljeno radi nedostatka finansijskih sredstava.

Za sve urađene radove sačinjen je "Izveštaj o regionalnim geološkim istraživanjima u livanjskom ugljonosnom bazenu u 1985." od strane "Geoinstitut" Ilidža. "Geoinženjering" Sarajevo.

Na **lokalitetu Čuklić** prilikom detaljnog geološkog kartiranja zapažena je sljedeća opća geološka situacija sedimenti starijeg miocenskog polifacijalnog kompleksa, vapnenci i laporoviti vapnenci sa valencienezijama i kongerijama transgresivno i diskordantno leže preko vapnenaca i dolomita kredne i jurske starosti.

- Sedimenti starijeg miocenskog polifacijalnog kompleksa zastupljeni pješčavima i gline sa glinovitim pješčavima koji leže neposredno na osnovno gorje. Debljina ovoga paketa slojeva ne prelazi 6 m na vidljivim profilima. Između pješčava i gline na njihovom kontaktu je sloj ugljevit gline moćnosti 20 cm.
- Preko ovih slojeva leže žutomrki vapnenci i laporoviti vapnenci sa valencienezijama i rijetkim kongerijama, a zatim preko njih leže žućkasti lapori i laporoviti vapnenci sa kongerijama.
- Neposredno pored opisanog otvorenog profila, postoji jedna zarušena škrapa koja podsjeća na ulaz u niskop. Prema svjedočenju najstarijih mještana to je ulaz u niskop. Niskopom se kratko vrijeme prije II s.rata vadio ugljen.

Dijagonalno u odnosu na pružanje i pad slojeva na oko 20 m dalje od “niskopa” locirana je bušotina BČ-1. Istražnim bušenjem sa jezgrovanjem nabušen je na 9 m jedan sloj mrkog ugljena debljine 30 cm i u njegovoj podini 30 cm ugljevit gline.

Ugljeni sloj iz jezgra bušotine izgrađen je od staklastog, kompatnog ugljena sa vidljivim dijagenetskim mikroprrslinama. Ugljevita glina je crna i sa sitnim komadićima ugljena.

Podina ugljenog sloja (krupnozrni do sitnozrni pješčari, glinoviti pješčari i gline) umnogome podsjeća na podinu tušničkog ugljenog sloja na lokalitetima njegovog klasičnog razvoja.

Istražno bušenje na BČ-1 je obustavljeno na 11 m, a ostala planirana istražna bušenja su prolongirana, a njihova realizacija je neizvjesna.

Prilikom detaljnog geološkog kartiranja 1:10.000 i na **lokalitetu Priluka** zapažena je opća geološka situacija u kojoj vapnenci i laporoviti vapnenci starijeg miocenskog polifacijalnog kompleksa transgresivno i diskordantno leže preko vapnenaca i dolomitičnih vapnenaca sa dolomitima donje krede.

Zapažen je sljedeći stup kroz slatkovodne sedimente starijeg miocenog polifacijalnog kompleksa:

- neposredno na osnovnom gorju leže svjetlosivožuti vapnenci sa valencienzijama i rijetkim kongerijama iz bliže krovine tušničkog ugljenog sloja. Sedimetni ugljene zone na kontaktu sa osnovnim gorjem nisu zapaženi. Debljina ovih vapnenaca procjenjuje se na oko 250 m.
- Preko valencilenezijskih vapnenaca konkordantno u sasvim normalnoj sekvenci leže kongerijski vapnenci žućkastosive i svjetložute boje. Prelaz prema ovim vapnencima nije oštar, ali je definiran brojnošću vrsta i učestalošću pojava vrsta iz roda kongerija. Valencienzijski vapnenci i nešto viši kongerijski vapnenci po svemu sličie istim vapnencima na klasičnom lokalitetu razvoja u Tušnici. I ovdje su to kompaktni, dobro uslojeni vapnenci i laporoviti vapnenci, tankopločasti do listosti, rovnog, ponegdje plitkoškolkastog prelom sa izraženim dijagenetskim pukotinama upravo na ravan slojevitost, tako da imaju izgled paralelopipednog sistema prslina. U ovim vapnencima je određena identična fosilna fauna i u vapnencima sa lokaliteta Tušnica i Čuklića. Pojava nalaza faune je učestaliya, nema proslojaka pješčara kao na lokalitetu Čuklić, pa se zato stiče utisak da se ovdje sedimentacija odvijala mirnije.
- Neogeni sedimenti i ovdje leže u tjemenu jedne blage antiklinale čija osa iz pravca osnovnog gorja tone u pravcu jugoistoka. Zapažena su blaga povijanja u seriji sedimenata na većem prostoru, a zapaženi su i rasjedi pravca pružanja sjeverozapad-jugoistok i sjeveroistok jugozapad sa veličinom skoka i preko 10 m.

Istražno bušenje koje je planirano “Programom regionalnog geološkog istraživanja” na lokalitetu Priluka nije nikada otpočeto, što predstavlja obavezu R.U. “Tušnica” da pokrene i aktivira pitanja regionalnog geološkog istraživanja na lokalitetima Čuklić i Priluka.

4. LEŽIŠTA LIGNITA

4.1. Ležište lignita “Prolog”

Ležište lignita “Prolog” nalazi se na jugoistočnom dijelu livanjskog polja oko 11 km zapadno od Livna. Situira se između naselja Orguz, Grborezi i Prolog. Produktivna ugljonosna serija na prološkom području razvijena je na površini od 30 km² od kojih je 1,6 km² u potpunosti geološki istražen i obrađen.

Ravan Prologa leži u hipsometrijskom nivou 705-712 m. U hidrološkom pogledu ležište Prolog pripada periodično plavljenom terenu čiju stihiju znatno ublažava izgrađena mreža kanala.

Livanjsko polje smješteno je na kontaktu utjecaja primorske i kontinentalne klime. Stoga klima ovog područja odlikuje se : kratka i svježa ljeta, hladna proljeća i jeseni, te jake zime sa dosta snijega i velikim snježnim smetovima. Srednja godišnja temperatura je 9°C, a god. amplituda iznosi 22°C.

Prva geološka proučavanja i istraživanja livanjskog ugljonosnog bazena započela su dolaskom austrijskih geologa (E. Mojsisovic, M. Tietze i A. Biktne). Od tada u više navrata proučavani su i ovi prostori.

Kompleksna ispitivanja cijelog livanjskog bazena i sistematsko istraživanje rezervi lignita Prolog i Čelebić izvršili su geolozi M. Muftić, Milojević i Simović u periodu od 1956. do 1962. godine. Ležište lignite Prolog tom prigodom nabušene su 52 bušotine pojedinačne dubine od 40 do 496 m, sa ukupno 11.778 m. Nabušeno je 19 lignitskih slojeva od kojih 13 sadrži bilančne rezerve. Stupanj istraženosti u prološkom ležištu povećan je progušivanjem mreže bušotina tijekom 1971. god. na izdanačkim zonama III, IV, V, VI, i VII ugljenog sloja kad je izbušeno još 700.

Koristeći sve dotadašnje podatke svih izvršenih istražnih radova, 1972. izrađen je “Elaborat o kategorizaciji i proračunu rezervi lignite u ležištu “Prolog” u livanjskom polju. U elaboratu je konstatirano da lignitski horizont sadrži 19 ugljenih slojeva od kojih su 14 eksploabilni. Utvrđeno je oko 95,9x10⁶ tona bilančnih i 5,5x10⁶ tona vanbilančnih rezervi. Glavni dio utvrđenih masa moguće je eksploatirati jamskim sistemom otkopavanja. Površinska eksploatacija je moguća samo izdanačkih pojaseva III, IV, VI, i VII ugljenog sloja.

U periodu 1983-1985. godine izvršena su dopunska istraživanja detaljnog karaktera na III i IV ugljenom sloju, primjerena potrebama i problematici površinske eksploatacije lignite. Na osnovu rezultata tih kao i svih prethodnih istraživanja urađen je 1986. god. “Elaborat o rezervama III i IV lignitskog sloja u ležištu Prolog” od strane “Instituta za rudarska istraživanja” Tuzla.

Nositelj ugljonosnosti je pliocenska sedimentna serija, glinovito-laporovito-pjeskovitog sastava sa uloženi 19 Lignitski slojeva od kojih prema stupnju poznavanja ležišta, samo njih četiri imaju veći ekonomski značaj. Elaboratom su tretirani III i IV lignitski sloj do 50 m dubine, koje su prema prirodnim uvjetima najpovoljnije za površinsko dobivanje.

Kvalitetne karakteristike kako lignita u ležištu tako i komercijalnih asortimana u potpunosti su definirane. Ugljen pripada grupi kvalitetnih lignite sa prosječnom vrijednosti DTE za ugljen u ležištu kod III sloja od 12.900 KJ/kg i kod IV sloja 11.350 KJ/kg. Srednja vrijednost svih asortimana komercijalnog ugljena iznosi 11.750 KJ/kg

U ukupno utvrđenim geološkim rezervama ugljena na P.K. "Prolog" bilančne učestvuju sa 88,4%, a u strukturi bilansnih, rezerve viših kategorija (A+B) učestvuju sa 100%. Ovo govori o visokom stupnju pouzdanosti utvrđenih rezervi, i koje su potvrđene od "Republičkog komiteta za energetiku i industriju Sarajevo" sa stanjem 31.12.1985. god. i iznose:

- u tisućama t -

Sloj	K A T E G O R I J A							
	A		B		C1		A+B+C1	
	bilansa	vanbila.	bilansa	Vanbila	bilansa	vanbila.	bilanse	vanbila.
III	966	-	1.149	362	-	-	2.215	362
IV	1.312	40	1.823	282	-	-	3.135	322
Ukupno	2.278	40	2.972	3.616	-	-	5.250	6.934

Organizirana površinska eksploatacija i otvaranje PK "Prolog" otpočela je 1974. godine sa skromnom mehanizacijom. Osamdesetih godina potrebe za lignitom se povećavaju tako da se na PK Prolog montirana klasirница kapaciteta 200.000 t i nabavljeni su bageri EŠ-6 i EŠ-10 i druga mehanizacija. Godišnja proizvodnja i plasman kretali su se oko 100.000 t godišnje.

Radi mnogih ne riješenih pravnih i eksproprijacijskih problema na ovom dijelu ležišta "Prolog", Rudnici ugljena "Tušnica" 1991. obustavljaju proizvodnju na PK "Prolog". Po knjizi evidencije mineralnih sirovina stanje sa 31.12.1991. na III i IV ugljenom sloja iznosi:

-u tisućama t.-

Sloj III+IV	K a t e g o r i j a							
	A		B		A		B	
	Bilansne	Vanbilan	Bilansne	Vanbilan	Ekspluat	Ekspluat	Ekspluat. rez.	
Ukupno	1.749	40	2.972	3.616	1.575	2.675	4.250	

1992. godine D.P. Rudnici ugljena "Tušnica" ide u stečaj, a neposredno potom otpočinje rat. U tim ratnim uvjetima ukazala se značajna potreba za lignitom svih asortimana. Nemogućnost ulaska u eksploataciono polje PK "Prolog", radi neriješenih pravnih i eksproprijacijskih poslova, Rudnici ugljena "Tušnica" pristupaju istraživanju i eksploataciji lignita na **lokalitetu "Table"**.

Lokalitet "Table" predstavlja sjeveroistočni dio velikog ležišta lignita "Prolog" i nalazi se u središnjem dijelu livanjskog polja između sela : Prisap, Komorani i Grborezi.

Lokalitet "Table" smješten je na sjeveroistočnom krilu pliocenske ugljenosne sinklinale. Morfološki je to zaravnjena ploča ispresjecana kanalima, koji su ostaci nekadašnje melioracije. Hipsometrijski nivo ravni iznosi 710 m.

Na lokalitetu "Table" razvijena je serija ugljenih slojeva blago nagnutih prema jugozapadu (2°-17°). Ukupno je zastupljeno pet eksploatacijskih slojeva, a šesti ugljeni sloj (1,8-2,0 m), za sada se ne eksploatira. Slojevi predstavljaju paket ugljenih slojeva raslojen proslojcima gline, lapora i silta. Cijela serija izrasjedana je uzdužnim i poprečnim rasjedima, tako da je cijeli lokalitet razlomljen u niz blokova, malog vertikalnog pomaka.

Tijekom 1994. godine na lokalitetu "Table" izbušeno je pet istražnih bušotina sa jezgrovanjem, ukupne dubine 137 m i iskopana 3 istražna raskopa dubine do 4 m, ukupne duljine 600 m. Dokazan je razvoj šest ugljenih slojeva pojedinačne moćnosti od 1,2 do 3,5 m.

Na osnovu svih sveobuhvatnih i geoloških istražnih radova 1995. godine sačinjen je: Elaborat o istraživanju ugljonosnih naslaga područja "Prolog" s proračunom rezervi lignite na lokalitetu "Table", od strane "Institut za geološka istraživanja" Zagreb. Rezerve i kvaliteta utvrđene tim elaboratom, rješenjem od 05.02.1996. potvrđene su od "Ministarstva energetike, rudarstva i industrije HR H-R" i iznose:

a) bilansne reserve

- u tonama -

K A T E G O R I J A			
A	B	C	A+B+C
32.059	552.955	61.574	646,585

b) kakvoća ugljena u ležištu (prosječne)

- gruba vlaga	30,10 %
- hidro vlaga	9,79 %
- pepeo	13,00 %
- sagorive tvari	46,96 %
- ukupni sumpor	2,23 %
- gorivi sumpor	1,96 %
- gornja KV (KJ/kg)	12,400
- donja KV (KJ/kg)	11,039
- zapreminska masa (Hm ³)	1,28

Na lokalitetu "Table" 1992. godine otpočela je eksploatacija lignita koja se kontinuirano vrši i danas.

Eksploatacija lignita na PK "Table" u 2007. godini iznosila je 28.260 t što je u odnosu na 2006. god. smanjenje od 0,7 %. Otkrivka u 2007. god iznosila je 211.687 m³ rastresite jalovine, što čini omjer dobi-venog lignita i uklonjene jalovine 1:5,4 (t: m³č.m.), odnosno 1: 7,5 (t : m³.r.m.).

Proizvodnja se ravnala prema prodaji i potražnji komada i kocke koja je ukupno iznosila 8.312 t. Prodaja sitnog ugljena iznosila je 18.285 t i sve je otpremljeno u "Natron" Maglaj i "IGM" B. Grahovo.. Ukupna prodaja lignita u 2007.god. bila je 26.596,9 t. i ista je kao i u 2006. god. Zalihe sitnog ugljena na deponiji, koje su tu još od proizvodnje iz 1999. ,2000., i 2001 godine, konstantno su izložene atmosfer-lijima i podložne samozapaljenju, pa su znatno izgubile kvalitativna i kvantitativna svojstva. Navedeni deponirani sitni asortiman radi neizvjesnog plasmata a mogućeg onečišćenja okoliša, predložen je za otpis i pravilno zbrinjavanje. Rezerve lignita na depou, prema prikazanoj proizvodnji i realizaciji te pret-hodnim zalihama, sa stanjem 31.12.2007.god. iznose 29.584 t.

Na ležištu lignita "Table" istekla je valjanost "Elaborata o istraživanju ugljonosnih naslaga područja 'Prolog' s proračunom rezervi lignita na lokalitetu 'Table'".

Tijekom 2007. godine na ležištu lignita "Table", izvršena se detaljna geološka istraživanja od strane "Kriptos" d.o.o. Milići. "Elaborata o istraživanju ugljonosnih naslaga područja 'Prolog' s proračunom rezervi lignita na lokalitetu Table " sa stanjem 31. 12. 2007. godine je završen.

Respektirajući saznanja ranijih istraživanja ugljenonosnih naslaga Livanjskog polja kao i rezultate svih terenskih, laboratorijskih i kabinetskih istraživanja ugljenonosnih naslaga na lokalitetu "Table"-15, mogu se izvesti slijedeće konstatacije i zaključci:

U jugoistočnom dijelu Livanjskog polja razvijeno je ležište Table kao dio ležišta lignita Prolog, čije dijelom utvrđene, a dijelom procijenjene rezerve iznose oko 260 mil. tona;

Komunikacijske prilike ležišta lignita "Table" su vrlo povoljne;

Slojevi lignita pripadaju donjopliocenskoj ugljenonosnoj seriji, tvoreći sinklinalnu strukturu, kod Prologa poremećenu uzdužnim rasjedima;

U sjeveroistočnom krilu ugljenonosne sinklinale na lokalitetu "Table"-15 u izdanačkoj zoni istraženo je jedanaest ugljenih slojeva(označenih I-XI na obračunskim profilima) unutar ugljenonosne serije čija debljina iznosi stotinjak metara;

Ugljenonosna serija izrasjedana je uzdužnim i poprečnim rasjedima u niz blokova čiji vertikalni po-mak iznosi i do 50-ak metara;

Eksploatibilna debljina ugljenih slojeva (0,5-11,30 m), blagi nagib slojeva (oko 17⁰) prema jugoza-padu, kao i relativno male debljine jalovine između ugljenih slojeva, omogućuju uspješnu eksploataciju pojedinih ugljenih slojeva površinskim kopom;

Prema Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (Sl. List 53/79), ugljen je svrstan po svojoj kakvoći u tip oznake L (lignit);

Prosječna kakvoća ugljena (lignita) lokaliteta "Table"-15 iznosi:

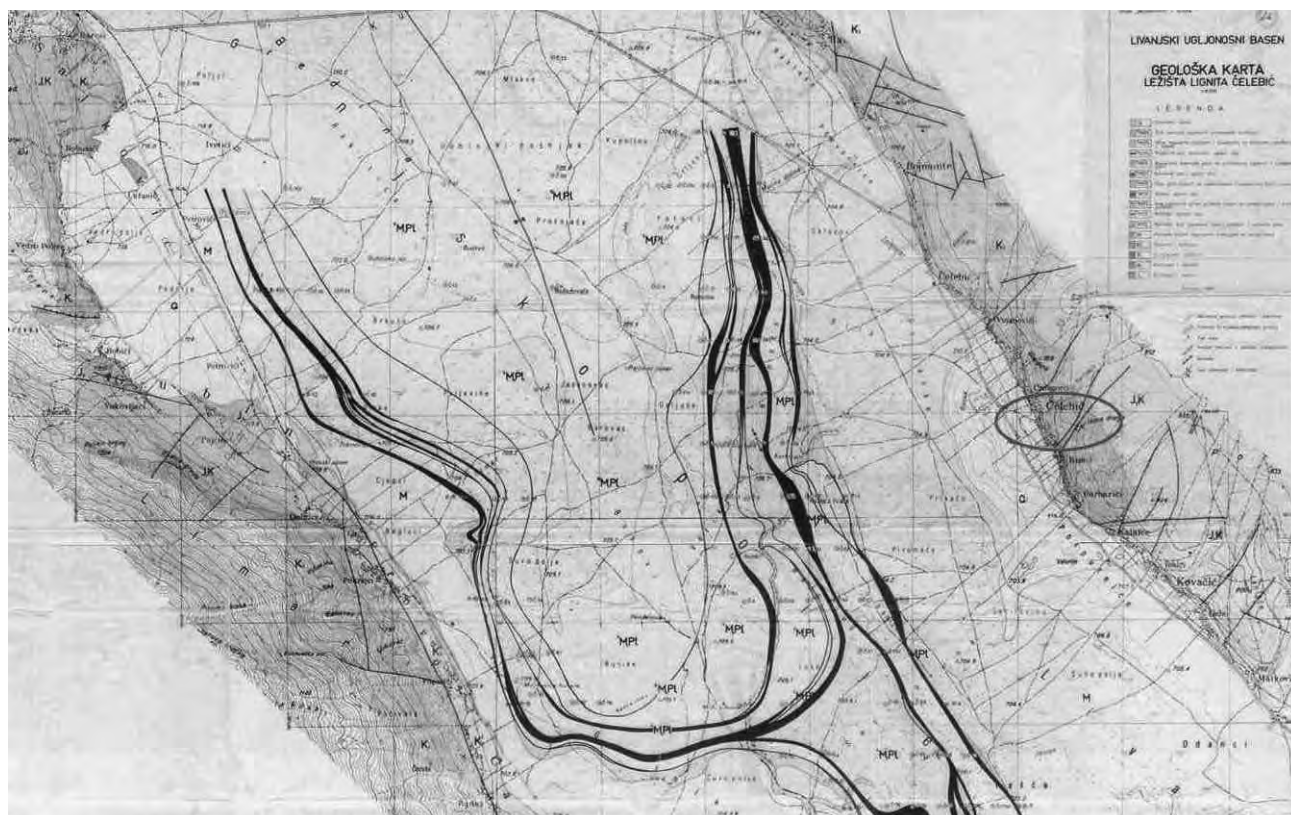
Ukupna vlaga	38,07 %
Pepeo	16,17 %
Isparljive mat.	28,43 %
Sagorljive mat.	45,28 %
C-fix	15,95 %
Koks	33,54 %
Sumpor sagorljiv	1,96 %
Sumpor vezani	1,46 %
Sumpor ukupni	3,29 %
G. topl. vrij.	11.914 kJ/kg
D. topl. vrij.	10.289 kJ/kg
Zapreminska masa	1,31 g/cm ³

- Po svojim osobinama ugljeni slojevi lokaliteta Table predstavljaju lignit zadovoljavajuće kakvoće s primjenom u industrijskoj i širokoj potrošnji;
- Proračun rezervi izvršen je metodom paralelnih obračunskih profila, kao osnovnom, te metodom aritmetičke sredine kao kontrolnom metodom proračuna;
- Proračunom su utvrđene rezerve na lokalitetu "Table"-15 po klasama i kategorijama kako slijedi:

Tablični pregled ukupnih i eksploatacijskih rezervi				- u tonama-	
	Kategorija	Ukupne rezerve	Izvanbilančne rezerve	Bilančne rezerve	Eksploatacijske rezerve
Ukupno	A	250.022,69	0,00	250.022,69	200.018,15
	B	3.675.948,50	1.982.624,70	1.693.323,80	1.354.659,00
	A+B	3.925.971,19	1.982.624,70	1.943.346,49	1.554.677,15

4.2. Ležište lignita Čelebić

Ležište lignite "Čelebić" nalazi se u sjeverozapadnoj polovini livanjskog ugljonosnog bazena. Produktivna površina ležišta, dokazana istražnim bušotinama iznosi 25 km² od koje je detaljno istraženo 4 km². Postoje i potencijalna područja za nova istraživanja i otkirvanja produktivnih terena. Ona se nastavljaju u pravcu sjeverozapada na površini od oko 90 km².



Slika 2. Geološka karta ležišta lignita Čelebići

Istraživanje ugljena na ležištu Čelebić prvi put su vršena 1957.god. i bila su informativno osnovna. Izbušeno je 20 strukturnih bušotina u kvadratnoj mreži 1x1 km.

Posljednje istražno bušenje vršeno je 1978. godine u mreži 250x250 m. Izbušeno je 64 istražne bušotine i izvedeno 14 istražnih raskopa. Po završetku geoloških istražnih radova na ovom prostoru sačinjen je 1979 god.: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja ležišta Čelebić u Livanjskom bazenu sa stanjem 1.1.1979. god.

Istraživanja su izvedena u prvom redu, da se dobiju pouzdani podaci o uglju kao energetsom resursu i procjeni njegova komparativna vrijednost u odnosu na hidropotencijal ovog područja u sklopu sistema HE "Orlovac", te njihovo eventualno uklapanje u jednu energetska cjelinu.

Istraživanja na ovom prostoru dovela su do saznanja:

Lignitska zona u području Čelebića leži transgresivno i diskordantno preko starijih miocenskih bjelih, sivih i žućkastih kongerijjskih vapnenaca i laporovitih vapnenaca. Ukupne je debljine oko 200 m, a raščlanjena je na sljedeće litostratigrafske jedinice:

- podinski žuti pjeskoviti lapori, pješčari i ugljevit gline (10 m),
- podinski ugljeni sloj (5 m),

- sive laporovite gline i glinoviti lapori sa konkrecijama i proslojcima sivh pješčara (30 m),
- glavni ugljeni sloj (10 m),
- sive gline i podređeno lapori sa konkrecijama i proslojcima žutih lapora (45 m),
- krovinski ugljeni sloj (5 m),
- sivozelene laporovite gline sa proslojcima ugljevitih i pjeskovitih glina (50 m),
- visoki krovinski ugljeni sloj (1 m)
- laporovite, pjeskovite i ugljevite gline sa slojevima pješčara I lapora (40 m),- žuti sedrasti, laporoviti slatkovodni vapnenci (100 m).

Na osnovu palenotoloških podataka, starosti ovog kompleksa sedimenata je određena kao miopliocenska.

Na osnovu podataka istraživanja u elaboratu su u pogledu bilansnosti reserve B i C₁ kategorije klasirane su samo kao bilansne. Jedan njihov dio dolazi u obzir za površinsku eksploataciju. Ostali dublji dijelovi ugljenih slojeva mogu se zahvatiti jamskom eksploatacijom.

Rezerve ugljena na ležištu Čelebić predložene Elaboratom iznose:-10⁶ t-

B I L A N S N E				V A N B I L A N S I				
	A	B	C1	B+C1	B	C1	C2	B+C1+C2
Čisti		87,70	31,02	118,72	-	-	240,12	358,84
Rovni		93,26	32,28	125,54	-	-	-	-

Rješenjem : Up I/06/1-310-377 Republički sekretarijat za privredu SRBiH 10.12.1979. godine: Potvrđuju se geološke rezerve i kvalitet lignitskog uglja ležišta Čelebić u Livanjskom polju sa stanjem 01.01.1979. godine i to:

bilansne rezerve lignitskog uglja:

C₁ kategorije u količini od 70.962.000 tona.

Perspektivne rezerve lignitskog uglja:

C₂ kategorije u količini od 317.920.000 tona

Prosječne vrijednosti kvalitete ugljena na ležištu Čelebić iznose:

Ukupna vlaga 35,0 %

Pepeo 21,22 %

Sagorivi mat 43,78 %

C-fix	13,92 %
Koks	37,14 %
Sumpor (ukupni)	5,84 %
GTE KJ/kg	10.394
DTE KJ/kg	9.174

Opći stupanj istraženosti šireg područja ležišta Čelebić uključujući i njegov sjeverozapadni dio je relativno mali. Ukupne površine rasprostranjenog miopliocena iznosi oko 110 km². Od toga do stupnja B kategorije je istraženo 5 km² do stupnja C₁ kategorije 1,5 km do stupnja C₂ kategorije. Preostalih 90 km² je potpuno neistraženo i svrstano je u perspektivne terene za dalja istraživanja i iznalaženja novih rezervi.

5. TUFOVI LIVANJSKOG BAZENA

Livanjski bazen, izgrađen od slatkovodnih tercijarnih sedimenata, sa površinom od oko 400 km² nalazi se u oblasti velikih krških polja u jugozapadnoj Bosni.

Ovdje otkrivene pojave tufova situirane u širem području potoka Mandak, između sela Držanlije JZ od Livna i Tušnice II od Livna, imaju značajno prostranstvo. Ovaj dio bazena izgrađen je od dvije serije sedimenata:

- serija vapnenih laporaca, laporaca i pješčara
- serija laporaca, pješčara i konglonevata sa slojevima tufa i bentonita

U ovom dijelu bazena utvrđeno je prisustvo četiri sloja tufa debljine 0,30-10 m, koji se mogu pratiti na dužini od 15 km. Najznačajnija ležišta su: Ploča, Mandak i Gost koji su i geološki istraženi i elaboriran

5.1. Ležište tufa Mandak i Gost

Ležišta tufa Mandak i Gost nalaze se 2 km istočno od ležišta tufa "Ploče". Situirana su na blagim zaobljenim brdovitim terenima zapadno od planine Tušnice i uz istočan rub umjetnog jezera "Mandak". Promatrajući ovo područje u cjelini, teren se postupno spušta idući od istoka prema zapadu. Blagi morfološki oblici brda i obronaka isprespjecani su markantnim vododerinama i jarcima. Područje je neobrađeno, pokriveno pašnjacima, dok su vrhovi brda najčešće ogoljeni.

Na terenima brda Gost i lokalitetom Mandak, neogene naslage su najotvorenije i unutar njih je registrirano 11 slojeva tufa od koji su 6 debljih koji su ekonomski interesantni. Slojevi se ritmički pojavljuju jedan iznad drugog. Ponegdje u neposrednoj podini tufa nalazi se bentonit, žućkasto-bjelkaste boje debljine od 5 i 15 cm. U padini gotovo svih slojeva tufa utvrđeni su slojevi brečokonglomenata sa pješčarima. Krovinske naslage su za svaki pojedini sloj tufa gotovo indetični, a sastoje se od paketa laporovitih naslaga debljine od 10 do 40 m.

Na vrhu serije s tufovima nalazi se tzv. "glavni tufni sloj". Debljina "glavnog sloja kreće se u prosjeku 5-6 m, a maksimalna moćnost iznosi 11 m. Proteže se od sela Mandak do planine Gost, neprekidno u dužini od 3 km.

Ležište tufa Mandak i Gost pripadaju slojevitom tipu ležišta. Jednostavne su geološke grade, relativno postojane moćnosti, ujednačenog kemijskog sastava, pa pripadaju prvoj grupi, odnosno podgrupi b ležišta polu vezanih stijena. Tijekom 1973. godine na ovom području izbušeno je 50 bušotina, prosječne dubine oko 15 m i maksimalne 25 m. Ukupno je izbušeno 645 m bušotina iz čijeg su jezgra uzeti uzorci za kemijsku, pucolansku i petrografsku analizu. Iskopana su i 42 istražna raskopa (865 m³). Raskopi su locirani okomito na pružanje sloja tufa. Na osnovu svih detaljnih geoloških

istražnih radova 1974. godine sačinjen je "Elaborat istraživanja i proračun rezervi na području Mandaka i Gosta kod Livna", u izvedbi "Instituta za geološka istraživanja" Zagreb.

Laboratorijskim radovima i analizama utvrđeno je da tufovi svih ležišta imaju zadovoljavajući kemijski sustav. Prosječni kemijski sastav po ležištima iznosi:

	<u>Mandak I</u>	<u>Mandak II</u>	<u>Gost</u>
Gubitak žarenjem	10,71	10,15	9,18
SiO ₂ + net	64,64	65,50	65,77
Al ₂ O ₃	12,78	12,23	13,01
Fe ₂ O ₃	1,52	1,36	1,73
CaO	4,04	4,35	3,02
MgO	0,59	0,43	0,68
SO ₃	0,11	0,22	0,35
Neodr.	5,62	5,76	6,26

Rezultati mjerenja pokazuju da zapreminska težina u prosjeku iznosi 1,67 (p/cm³), a specifična težina u prosjeku je 2,30 (p/cm³).

Istražni radovi locirani su tako da zadovoljavaju uvjete za A i B kategoriju, pri čemu se vodilo računa da će se naslage tufa eksploatirati isključivo dnevnim kopom u ekonomski isplativom omjeru 1:1 između tufa i jalovine.

Rezerve geoloških bilančnih rezervi tufa po ležištima iznosi:

Ležište	Kategorija A (t)	Kategorija B (t)	Kategorija A+B (t)
Mandak I	117.987	4.482	122.469
Mandak II	126.964	15.807	142.771
Gost	143.089	36.328	179.417
Ukupno:	388.040	56.617	444.657

Geološke bilančne rezerve umanjene su za 10% otkopnih gubitaka i dobivene su slijedeće eksploatacijske rezerve po ležištima:

Ležište	Kategorija A (t)	Kategorija B (t)	Kategorija A+B (t)
Mandak I	106.186	4.034	110.220
Mandak II	114.268	14.226	128.494
Gost	128.780	32.695	161.475
Ukupno:	349.234	50.955	400.189
	87,27%	12,73%	100 %

Na ležištima Mandak i Gost, analize pucolaniteta tufa i analize laboratorijskih pripremljenih cementa s dodatkom livanjskog tufa pokazale su da se ovaj tuf može upotrebljavati kao prirodni aktivni dodatak (pucolan) u proizvodnji odgovarajućih tipova cementa.

Na ovim ležištima od 1974.god. nisu vršena nikakva daljnja geološka istraživanja niti je vršena eksploatacija tufa.

Na području **Zabrišća i Držanlija** (tzv. tufovi kod Gubera) ekonomsku vrijednost ima samo sloj tufa u dolini potoka. Biošnica, koja se nalazi u istom nivou kao i "glavni" tufni sloj s područja Mandak. Prema jednoj strukturnoj bušotini vidi se da ovaj sloj ima zadovoljavajuću debljinu i kvalitetu, ali je položaj sloja većim dijelom nepovoljan za otvaranje dnevnog kopa zbog prevelike debljine krovinskih naslaga. Ovi lokaliteti nisu još detaljno geološki istraženi pa ih smatramo potencijalnim tufnim ležištima.

Bentonit je mineralna sirovina koja je registrirana na ovom području. Na više mjesta ležišta Mandak u neposrednoj padini tufnog sloja istražnim radovima otkriveni su proslojci bentonita. Oni se lateralno gube i isklinjavaju. Bentonit je bjeložute boje, vrlo plastičan i na opip gotovo masan. Na jednom manjem dijelu ležišta moćnost bentonita je 55-60 cm a na ostalim pojavama debljina iznosi u prosjeku 5 do 15 cm.

6. LEŽIŠTE VAPNENCA “PODGRADINA”

Ležište vapnenca “Podgradina” nalazi se na sjeveroistočnim padinama planine Kamešnice, uz južni obod Livanjskog polja, nedaleko od sela Podgradina, na kojemu je lociran kamenolom.

Kamenolom “Podgradina” situiran je u vapnencima donje krede. Vapnenci imaju dinarski pravac pružanju, a pad im je prema sjeveroistoku. To su jedri, sivožuti dobro uslojeni i izuzetno čisti vapnenci. Slojne ploče vapnenca direktno se naslanjaju jedno na drugu bez jalovih umetaka.

Na području kamenoloma vapnenci su karstificirani na plitkom površinskom dijelu, stvarajući manji raspadnuti humusi pokrivač koji je uvjetovao stvaranje gustog žbunskog raslinja.

Eksploatacija vapnenca sa ovog ležišta datira od pedesetak godina, s tim da su sistematska geološka istraživanja na ovom lokalitetu vezanu za 1981. godinu na osnovu čega je i napravljen prvi Elaborat o sirovinskoj bazi. Radi blizine i kanala, elektro radova, magistralnog puta i sela, kamenolom je 1989. godine dislociran cca 1,5 km južno od starog kamenoloma. Tad su izvršena opsežna geološka istraživanja na osnovu čega je sačinjen:

“Elaborat” o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi tehničkog kamena u ležištu krečnjaka “Podgradina II” kod Livna.

Od tada kamenolom je dosta otvoren eksploatacijskim radovima i dobiveni su novi sigurni podaci o razvoju i kvaliteti vapnenca iz raznih dijelova ležišta. U prethodnom periodu nije ništa rađeno na dokumentaciji pa joj je važnost istekla.

Suglasno članku 52. Zakona o geološkim istraživanjima u 2001. godini sprovedena su geološka istraživanja i sačinjen je «Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi vapnenca (kao tehničko-građenog kamena) na ležištu “Podgradina II” općina Livno », od strane “GEA” d.o.o Tuzla.

Ovaj Elaborat je revidiran i Rješenjem Federalnog ministarstva rudarstva i industrije Up/1 br.07-18-110/02, Mostar, 16.05.2002. god. potvrđuju se rezerve ležišta “Podgradina” i iznose:

Klasa rezervi	Kategorija rezervi	Količina (m3)	Eksploatacioni gubici (%)	Razlika (m3)	Eksploatacioni rezerve(m3)
Bilansne	“A”	732.887	10	73.289	659.598
Bilansne	“B”	1.420.971	10	142.097	1.278.874
Bilansne	“A”+“B”	2.153.858	10	215.386	1.938.472
Bilansne	“C1”	1.345.350	10	134.535	1.210.815
Bilansne	“A”+“B”+“C1”	3.499.208	10	349.920	3.149.287
Potencijalne	“C2”	7.739.911	10	773.991	6.965.919

Rezultati fizičko-mehaničkih ispitivanja predstavljaju prosječne vrijednosti dobijene oprobavanjima iz istražnih raskopa, brazdi i točkastom metodom, i iznose

Čvrstoća na pritisak :

- u suhom stanju	$Q_p = 116,75 \text{ (KN/cm}^2\text{)}$
- u vodom zasićenom stanju	$Q_p = 115,95 \text{ (KN/cm}^2\text{)}$
Otpornost prema habanju LA	$16,73 \text{ (cm}^3/50\text{cm}^2\text{)}$
Sadržaj sulfata i sulfida	0,02
Zapreminska težina	$\gamma = 28,5 \text{ (KN/m}^3\text{)}$
Upijanje vode	$U_g = 0,14\%$
<u>Poroznost</u>	<u>$n = 1,32\%$</u>
Postojanost na djelovanje mraza	postojan

Kemijski sastav vapnenca ležišta “Podgradina II” utvrđivan je na uzorcima iz istraţnih bušotina, uzoraka dobivenih točkastom metodom, kao i uzoraka iz raskopa i brazdi. Prosječne vrijednosti kemijskih analiza iz navedenih radova, predlaţemo da se usvoje kako slijede:

CaO	54,98%
MgO	1,35%
SiO ₂ + neotopivo	0,30%
Gubitak ţarenjem	43,24%
R ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃)	0,02%
S	0,03%
CaCO ₃	96,91%

Vapnenac iz kamenoloma “Podgradina II” kod Livna (kao tehniĉko-građevinski kamen), a na osnovu provedenih ispitivanja moţe se upotrebljavati za proizvodnju:

- frakcija kamenog agregata namijenjenog spravljanju asfaltnih mješavina
- frakcija kamenog agregata namijenjenog spravljanju betonskih mješavina za cementne betone klase BI (MB10 do MB50), betona i betonskih blokova
- razliĉitih frakcija kamenog agregata od 0,0-4 mm do 16-32 mm
- lomljenog kamena za cestogradnji

Eksploatacija vapnenca na kamenolomu “Podgradina” u 2007. godini odvijala se na osnovnoj i na I etaţi. Iz kopa je izvezeno 32.243 tona lomljenog kamena što odgovara ĉvrstoj masi u leţištu od 15.724

m³ č.m. Realizacija frakcije iznosila je 25.069 t., odnosno 13% više nego u 2006.god, a prodaja betonskih blokova iznosila je 212.810 komada što je za 18 % više nego u 2006.god.

Stanje rezervi na pogonu "Podgradina" sa 31.12. 2007. god. iznosi:

Klasa rezervi	Kategorija rezervi	Količina (m3)	Eksploatacioni gubici (%)	Razlika (m3)	Eksploatacioni rezerve (m3)
Bilansne	"A"	601.779	10	60.178	541.601
Bilansne	"B"	1.420.971	10	142.097	1.278.874
Bilansne	"C1"	1.345.350	10	134.535	1.210.815
Bilansne	"A"+"B"+"C1"	3.368.100	10	336.810	3.031.290
Potencijalne	"C2"	7.739.911	10	773.991	6.965.919

Tijekom 2007. god izvršeno je nekoliko istražnih radova na potvrdi stanja rezervi vapnenca na PK "Podgradina". U tu svrhu izbušeno je pet bušotina bušilicom na ispuh. Dvije istražne bušotine bile su na I. etaži radi provjere kompaktnosti stijenske mase pred masovno miniranje. Tri bušotine na ispuh su izbušene radi potvrde rezervi u eksploatacionom polju na II. etaži gdje se vrše pripreme za eksploataciju u 2008. god.

L I T E R A T U R A

1. I. Soklić (1945): Izvještaj e geološkom istraživanju ugljonosnih naslaga livanjskog i duvanjskog bazena 1945. godine. FSD Geozavod Sarajevo
2. M. Muftić (1956): Geološki odnosi ugljenih naslaga u livanjskom bazenu. FSD Geozavod Sarajevo
3. R. Milojević (1959): Geološki prikaz ležišta lignite Čelebić u Livanjskom polju, Geološki glasnik BiH Sarajevo.
4. R. Milojević, O. Sunarić (1962): Geološki prikaz ležišta lignite u livanjskom polju. Geološki glasnik Sarajevo.
5. R. Milojević (1967): Elaborat o sirovinskoj bazi "Tušnice".
6. R. Milojević i Kapeler (1979): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračun rezervi uglja u ležištu Čelebić u Livanjskom bazenu sa stanjem 01.01.1979. godine.
7. T. Ćubela (1983) prirodno geografska osnova područja Livna i njen utjecaj na društveno gospodarsku valorizaciju. Diplomski rad P.M.F Zagreb.
8. I. Kapeler, D. Mitrović (1984): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi mrkog uglja u ležištu "Tušnica" u Livanjskom ugljenosnom bazenu; Institut za geologiju Sarajevo.
9. I. Kapeler, D. Mitrović (1985): Program regionalnih geoloških istraživanja uglja u Livanjskom bazenu 1985. g. Geoinstitut Ilidža.
10. E. Krkalo (1974.): Istraživanje i proračun rezervi tufa na području Mandaka i Gosta kod Livna.
11. M. Stojanolvić, M. Đumić (1989): Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi tehničkog kamena u ležištu krečnjaka "Podgradina" Livna.
12. Ž. Kastmuler, L. Nikler, B. Kruk, T. Ćubela (1995): Elaborat o istraživanju ugljonosnih naslaga područja "Prolog" s proračunom rezervi lignita na lokalitetu "Table".
13. A. Selesković- Bencun (2001): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi vapnenca na ležištu "Podgradina II" općina Livno, "GEA" d.o.o. Tuzla.
14. A. Selesković- Bencun (2002): Elaborat o kategorizaciji i klasifikaciji i proračunu rezervi mrkog ugljena izdankačke zone PK "Drage" ležišta ugljena "Tušnica" općina Livno.
15. Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi ugljena na ležištu table kod livna - sa stanjem 31.12.2007. godine; " Kriptos "d.o.o. Milići; 2008 god.

IV.
IZ GEOTEHNIKE

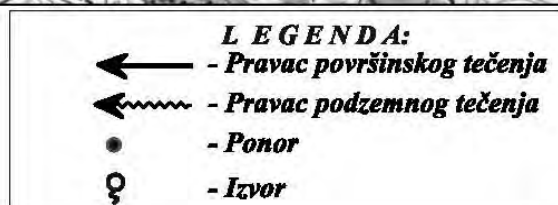
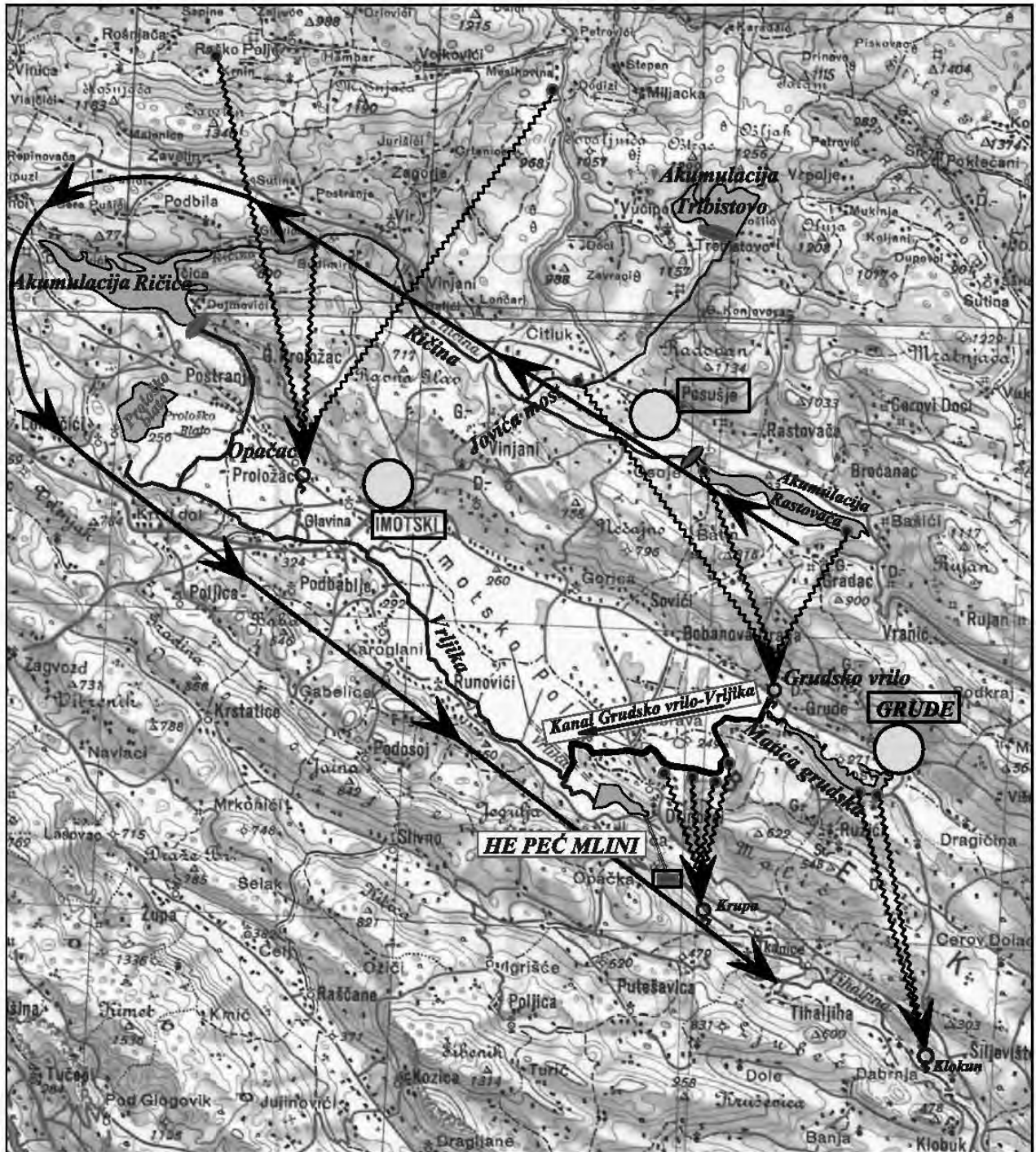
PROBLEMATIKA DOVOĐENJA VODA GRUDSKOG VRILA U AKUMULACIJU HE PEĆ MLINI

UVOD

Od Grudskog vrila do rijeke Vrljike izgrađen je sedamdesetih godina kanal u sklopu milioracije Imotsko-bekijskog polja. Kanal se spaja s Vrljikom pred ulazom u akumulacijski bazen HE Peć Mlini, koja je izgrađena prije 4 godine. Na vode koje kanalom dolaze iz Grudskog vrila računalo se prilikom projektiranja hidroelektrane. Od izgradnje ovog objekta, u akumulaciju ne dolaze planirane vode iz Grudskog vrila. Dolaze samo ekstremno velike vode, kada u akumulaciji ionako ima previše vode. Prvobitni problem bio je u tome što se tijekom izgradnje kanala Grudsko vrilo – Vrljika značajno odstupilo od tadašnjeg projekta. Na drugoj polovini kanala trasa je pomaknuta u depresiju Kongorskog polja, gdje su kote niže, pa je dalje tečenje onemogućeno. Od tada do danas male i srednje vode teku do polja Kongore, a nakon toga se izljevaju u 4 velika ponora. Prilikom izgradnje HE Peć Mlini glavnim projektom je bila predviđena rekonstrukcija kanala kako bi se vode iz Grudskog vrila koje poniru u polju Kongora dovele do akumulacije. Od toga se odustalo i ostavljeno je da se uradi tijekom eksploatacije elektrane.

Nakon izgradnje HE Peć Mlini urađena su dva projekta s dvije različite alternative za dovođenje voda iz Grudskog vrila u akumulaciju. U jednom projektu dat je prijedlog da se postojeći kanal u središnjem dijelu izmakne uz cestu pored jezera Krenice („Elektroprojekt“ Zagreb, 2004.g.), a drugi („Geoproming“, Čapljina 2006.g.) je u cijelosti projektirao rekonstrukciju po postojećoj trasi kanala. Jedan i drugi projekt predlažu evakuaciju dijela velikih voda kroz 4 poznata ponora, koji se nalaze na rubu polja Kongora, a dio da se sprovede do akumulacije HE Peć Mlini. Ono što je ključno u ovim projektima je dimenzioniranje kanala na velike vode ($37 \text{ m}^3/\text{s}$ do $10 \text{ m}^3/\text{s}$), što je u rang 25 godišnjih voda. Ovako visoko postavljeni hidrološki kriteriji diktiraju veće gabarite ovog dugog kanala (10 km), što je na kraju rezultiralo visokim troškovima rekonstrukcije. Osim visokih troškova rekonstrukcije kanala (cca. deset milijuna KM), bilo je problema oko rješavanja imovinsko-pravnih pitanja u području trase uz jezero Krenica, pa se tako do danas nije ništa uradilo. Geneza dosadašnjeg projektiranja i izgradnje ukazuje na složenost ovog projekta, zbog položaja kanala u hidrogeološkom sustavu slivova Vrljike i Ričine (područje Imotskog i Posušja) (Sl. br. 1).

**KANAL GRUDSKO VRILU-VRLJIKA
u slivu rijeka Vrljike i Ričine**



Sl.1. Zemljopisni položaj kanala Grudsko vrilo - Vrljika

1. OSNOVNE HIDROLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE KANALA

a) Hidrologija

Za potrebe projektiranja regulacije kanala korišten je niz od 1966.-1979. godine. Za zadnjih 29 godina nije bilo podataka i to je bio veliki hendikep za izradu kvalitetnog projekta, posebno za dimenzioniranje kanala.

Prema podacima hidrološkog niza prosječni podaci su:

Mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Qsr	5,29	5,64	4,99	4,04	2,77	1,41	0,36	0,11	0,2	0,92	2,95	4,78

Maksimalno zabilježeni protok navedenog razdoblja iznosio je 18,38 m³/s, dok je srednji godišnji protok 2,8 m³/s.

Dimenzioniranje kanala po zadnjem projektu vršeno je prema dionicama i proticajima: početni protok kanala Grudskog vrila od 37 m³/s (25-god. voda); i zadnja dionica pred ušćem u Vrljiku 10 m³/s bez izlivanja pri max. koti od 254 m n.m. u akumulaciji HE Peć Mlini.

b) Hidrologeologija

Da bi se sagledalo sadašnje stanje kanala G.vrilo-Vrljika,, izvršen je njegov obilazak, koji je obavljen u drugoj polovini svibnja i početkom lipnja 2008. god.

Tijekom obilaska kanala prikupljeni su korisni podaci i snimljene su sve hidrogeološke pojave u smislu gubitaka vode kroz ponore, zatim procjene proticaja na ključnim mjestima kao i zapuštenost kanala.

Počevši od izvora, kanal je preuređen u dužini od cca. 520 m, odnosno do ustave na lijevoj obali. To jedina dionica koja je uređena na cijelom kanalu dužine cca 10 km.

Ustavom na lijevoj obali omogućeno je reguliranje i usmjeravanje vode iz kanala u Maticu grudsku i prema ponorima Prispi i Baranu (*Sl. br.1*). Šire područje oko ovih ponora predstavlja veću depresiju u blizini Gruda, gdje se zimi akumulira voda površine $P=1.570.000 \text{ m}^2$ i zapremine cca 5.000.000 m³, pri koti 255 m n.m. (*Sl. br.2*). Akumulacija ima vrlo promjenljivu zapreminu jer isključivo ovisi o doticaju kroz ustavu i otjecanje vode kroz ponore. Ova akumulacija vode može biti značajan potencijal u energetskom i gospodarskom smislu.



Sl. 2. Akumulirane vode u Matici grudskoj, neposredno uz Grude

Dalje nizvodno niz kanal, poslije 3,5 km, kanal ulazi u područje polja Kongora. Tu su kote niže, ali nažalost i u kanalu kroz polje u odnosu na nizvodniji dio kanala. U Kongora polju od ovog kanala (glavnog) izgrađeni su odvodni kanali prema 4 ponora za evakuaciju velikih voda. Danas je situacija takova da se prema ponorima evakuiraju i male i srednje vode upravo zbog nižih kota dna kanala, kao i zbog devastacije kanala.

a)



b)



Sl. 3. Izgled kanala na dan 27.05.2008 g.

a) Nedaleko od Grudskog vrila

b) Ispred ušća u Vrljiku

Tijekom obilaska kanala utvrđeno je da dio voda iz centralnog kanala odlazi u Mikulića ponor, a potom ostatak vode nastavlja dalje teći do slijedećeg ponora Vidrinka. Odvodnim kanalom prema ponoru Vidrinki otiče sva preostala voda, pa je od ove točke glavni kanal do Vrljike, odnosno akumulacije HE Peć mlini potpuno suh, zarastao rastinjem i u lošem stanju. (*Sl. br. 3b*)

U Kongora polju nalaze još dva odvodna kanala za Perkića ponor i Džambin ponor, koji su u potpunosti zapušteni.

U projektnoj dokumentaciji stoje podaci o kapacitetima ponora od cca. 5 m³/s za svaki ponor (ukupno 20 m³/s). Terenski snimci svih ponora ukazuju na minimalne kapacitete, jer dugi niz godina ponori nisu čišćeni. Ovo su vrlo važni podaci, jer u vrijeme velikih voda kroz ponore bi trebalo evakuirati 20 m³/s. S obzirom da to nije moguće, sva preostala voda zimi se akumulira u Kongora polju i višak dolazi do akumulacije HE Peć Mlini. U to vrijeme u akumulaciji HE Peć Mlini ionako ima previše vode, pa dodatne količine prouzrokuju poplave terena izvan akumulacije.

Treba napomenuti da osim navedena 4 ponora postoji niz ponora i u koritu kanala, koji se spominju u projektnoj dokumentaciji, ali o njima nema podataka.

2. PRIJEDLOG RJEŠENJA ZA DOVOĐENJA VODA IZ GRUDSKOG VRILA U AKUMULACIJU HE PEĆ MLINI (VARIJANTA MALIH VODA)

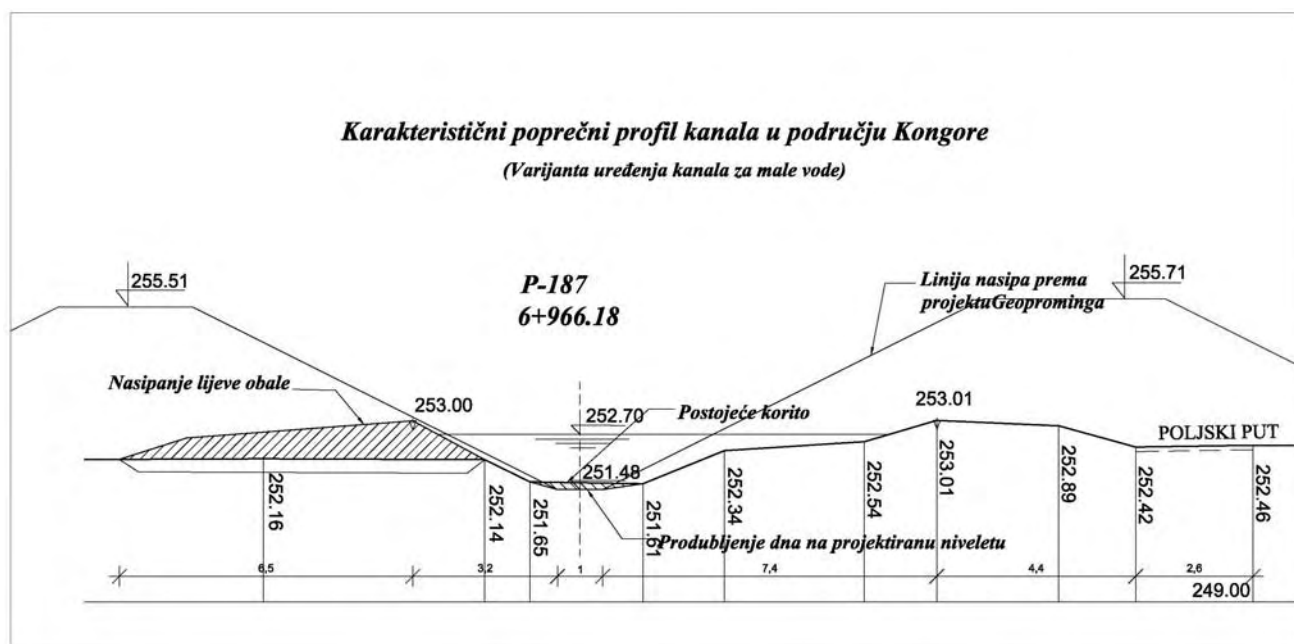
U ovom radu dat je prijedlog minimalne rekonstrukcije kanala i dovođenja malih voda od 1,0-1,5 m³/s do akumulacije, što bi u nestašici voda moglo znatno doprinijeti efektu proizvodnje električne energije.

Rješenje se uglavnom bazira na ispravljanju dna kanala i dovođenju nivelete na kontinuirani pad od 0,2‰. Niveliranje dna kanala bi se vršilo samo od depresije u polju Kongora do Vrljike (nizvodna polovina).

Osim radova na uređenju nivelete kanala, uradila bi se izvedba betonskih pregrada s preljevnim organima na odvodnim kanalima prema ponorima. Uređenje preljeva je potrebno samo zbog potrebe nesmetane evakuacije velikih voda u pravcu ponora.

Na nasipima kanala predlažu se samo manje intervencije na lijevom nasipu i to samo u području Kongore. Na lijevoj obali izvršilo bi se nasipanje i stabilizacija dijelova nasipa do najniže sadašnje kote desne obale (*Sl. br. 4*). Plitko nasipanje lijeve obale bi trebalo uraditi na dužini cca. 2 km. Minimalno uređenje nasipa ima ulogu da osigura tečenje malih voda kroz kanal, odnosno u količini do max. 1,5 m³/s vode.

Na desnom nasipu – obali odbacuje se bilo kakva rekonstrukcija.



Sl. br. 4

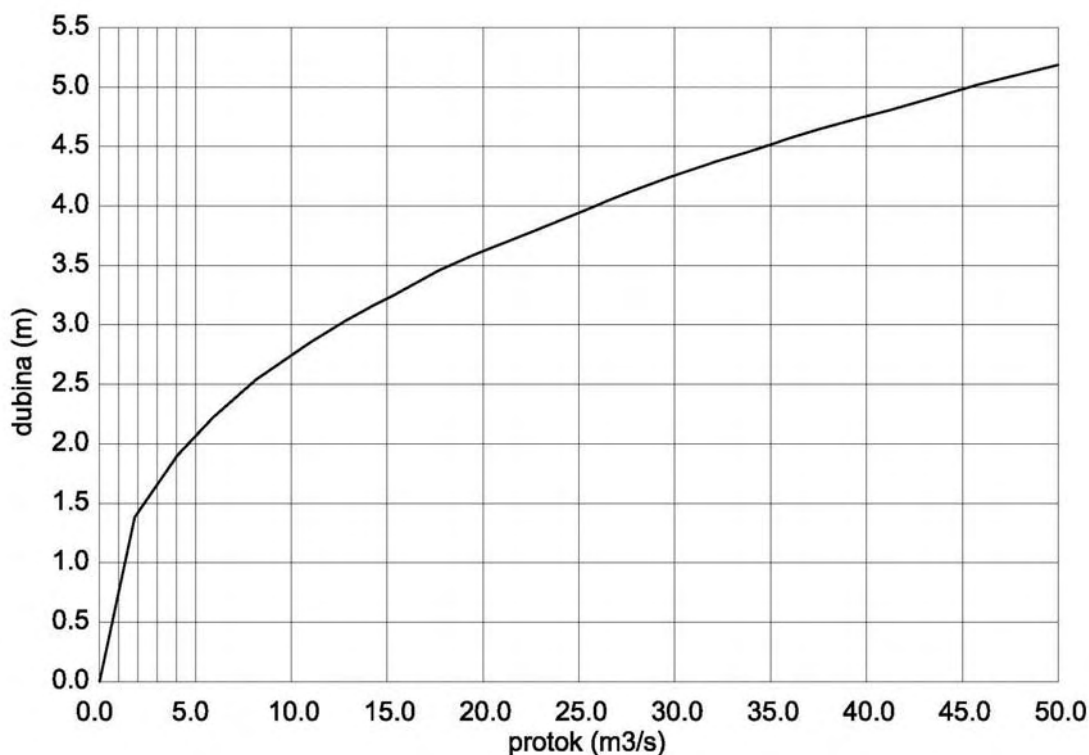
Duž nizvodne polovine kanala gdje se predlaže niveliranje dna kanala istovremeno bi se kanal očistio od raslinja i vršilo zatrpavanje eventualnih ponora u kanalu.

Osim navedenih radova na kanalu, predloženo je čišćenje grotla ponora koji se nalaze uz rub polja, a služi za evakuaciju velikih voda.

Za ovako uređen kanal za male vode, postavilo se pitanje koje količine vode mogu teći pri malom ostvarljivom padu od svega 0,2‰ i maloj brzini tečenja i relativno maloj visini kanala.

Prema protočnoj krivulji kanala („Geoproming“ 2006, Sl. br. 5) ispada da se za visinu vodenog stuba u kanalu od cca. 1,2 m (Sl. br. 4) može ostvariti proticaj do max. 1,5 m³/s pri brzini tečenja vode $\approx 0,25$ m/s), za slučajeve kote akumulacije $\leq 252,0$ m n.m. Brzine tečenja su računate u projektu „Geoprominga“, gdje su dobivene brzine u zavisnosti od kote akumulacije. Tako se u hidrauličkom proračunu za proticaje od 10 m³/s i kotu akumulacije 254 m n.m., brzine tečenja se kreću od 0,26 do 0,43 m/s, dok pri koti akumulacije 252 m n.m. brzine tečenja su u rasponu 0,60 do 0,64 m/s.

Za potvrdu ove procjene, tijekom eventualnog projektiranja ove varijante potrebno je provesti kompleksniji hidraulički račun.



Sl.5 Protočna krivulja kanala

Za dovođenje malih voda u akumulaciju He Peć Mlini napravljen je preliminarni račun isplativosti kroz proizvodnju električne energije. Na temelju podataka iz glavnog projekta „Geoprominga“ uzeti su elementi za izračun količina za planiranu regulaciju kanala i tržišne cijene građevinskih radova. Prema provedenoj računici ukupni procijenjeni troškovi bi iznosili cca 300.000 KM.

Na temelju podataka stručnih službi HE Peć Mlini izračunata je ukupna godišnja zarada u proizvodnji električne energije. Računato po prosječnim mjesečnim doticajima vode iz Grudskog vrila s maksimumom od 1,5 m³/s godišnje bi se zaradilo od 800.000 – 1,000.000 KM. Kao zaključak, može se konstatirati da se „varijanta malih voda“ može vrjednovati kroz glavni projekt uređenja (rekonstrukcije) kanala Grudsko vrilo – Vrljika.

LITERATURA:

- Odvodni kanal Grude-Vrlika, Glavni projekt, „Hidroprojekt“ Zagreb, 1961 g.
- HE Peć mlini Kanal Grudsko vrilo – Vrljika, „Elektroprojekt“ d.d. Zagreb 2004.g.
- Regulacija kanala Grudsko vrilo – Vrljika, Glavni projekt, Svezak 1 i 2, „Geoproming“ d.o.o. Čapljina, 2006.

GEOMEHANIČKE I VARIOGRAFSKE KARAKTERISTIKE FLUVIOGLACIALA BLIDINJSKE SINKLINALE

1. UVOD

U razdoblju prije 20-tak tisuća godina, led je pokrивao sve visoke planine u Bosni i Hercegovini a do svojih sadašnjih granica povukli su se prije 7 tisuća godina. Značajne količine tla su pomaknute i depozirane od strane glacijalne aktivnosti ili zbog nje, a nakon što se ledenjak povukao, svo tlo uhvaćeno u ledu koji se topio je ispušteno. Dat je opis stvaranja ovakvih glacijalnih naslaga tla i izračunate neke od osnovnih geomehaničkih parametara tla.

Mnogi od karakterističnih oblika krajobraza oblikovanih ledom, na području Blidinja ali i na drugim glacijalnim područjima u Bosni i Hercegovini nisu rezultat jedne glacijalne epizode, nego stotina tisuća godina ponavljane glacijalne aktivnosti. Glacijacija je uvijek praćena karakterističnim tipom sedimenata, poznat pod nazivom til. Isto tako granulometrijska raspodjela sedimenata je temeljna značajka u razumijevanju okoliša zemljine površine i nužna alatka u klasificiranju sedimentacijskih sredina. Podaci dobiveni mjerenjima pružaju važne informacije o energiji i dinamici sedimentacijskih okolina i pomažu našem razumijevanju sedimentnog transporta.

Pokušavajući analizirati samo dio nekih geoloških zbivanja i njihov utjecaj na stvaranje reljefa, nastojalo se doći do geomehaničkih svojstava materijala blidinjske sinklinale. Upravo ovi parametri diktiraju brzinu ovih procesa ali i novo morfološko rješenje blidinjskog prostora, koji imaju izravan utjecaj na oblikovanje reljefa.

Geomehanički model postanka stvaranja tla na glacijalnim kosinama navodi na pomisao da se radi o materijalu mnogo kompaktnijem sa svoga geomehaničkog aspekta nego što bi se pretpostavilo na prvi pogled. Naime, ovakvi prirodni procesi koji su utjecali na stvaranje ovakvih geomehaničkih parametara pokrenutog i intaktnog materijala, prije svega njihova posmična čvrstoća i kut unutarnjeg trenja, diktiraju brzinu ovih procesa ali i «novi morfološki dizajn» cijelog blidinjskog prostora. Tako se formiraju i postupno oblikuju nove kosine i novi reljef sinklinale.

Procesi razaranja reljefa karakteriziraju vapnenačke kosine, kosine formirane u dolomitnom grusu te one formirane u glacijalu. Među sobom oni se bitno razlikuju a svojom razlikom doprinose tvorbi specifičnog, dopadljivog i prepoznatljivog blidinjskog reljefa.

Na temelju opsežnih istraživanja, terenskih i laboratorijskih mjerenja dan je značajan doprinos upoznavanju geomehaničkih parametara glacija i fluvio glacija. Kreirana je baza podataka rezultata istražnih radova u kojoj je obrađeno oko 1200 zrna iz istražne bušotine sa dubine od 20 m do 30 m [1]. Svakom zrnu izmjerene su njegove tri dimenzije, masa, volumen, i izračunati su zapreminska masa, indeks zaobljenosti, indeks sferičnosti odnosno koeficijent oblika zrna. Određivanje oblika i zaobljenosti zrna daje korisne podatke o podrijetlu materijala, uvjetima transporta i relativnoj udaljenosti od matičnih stijena. Opisan je postupak, i dane su opisne i numeričke vrijednosti koeficijenta oblika zrna za glacijal Blidinja.

Interpretacijom variografije dopunjena sa vizualnim promatranjem uzoraka, dobila se preciznija slika građe ovoga materijala. Orijentacija i položaj zrna su osobito važni u toj strukturi. Na prvi pogled može se činiti da zrna nemaju određenu orijentaciju ali pažljivijim pregledom jezgra kao i otvorenih profila primjećuje se da se većina uglastih zrna u svom kretanju zaustavljala više u uspravnom položaju, dok su zaobljenija zrna u prostoru zauzeli i drugačije položaje, ovisno o raspoloživosti prostora na kome su se našli. Ovakav raspored zrna u strukturi tla, njihov oblik i zaobljenost u geomehničkom smislu predstavljaju tla s izraženom malom rezidualnom čvrstoćom, u odnosu na početnu, što se ima zahvaliti vrlo brzom popuštanju „zakačenih“ bridova pod opterećenjem.

2. ISTRAŽNI RADOVI

Geomehnička ispitivanja koriste različite metode u svrhu dobivanja potrebnih rezultata koje se odnose na osnovne geomehničke parametre tla, koheziju, kut unutarnjeg trenja, model kompresije kao i fizičke parametre tla optimalnu vlažnost, zapreminsku težinu, koeficijent vodopropusnosti tla i druge.

U ovom radu predstavljen je jedan dio ispitivanja koja su izvršena na uzorcima uzetim s četiri lokacije u Bosni i Hercegovini. To su lokacije u okolicama Blidinjskog, Boračkog i Prokoškog jezera (glacijal i fluvio glacijal), te kao usporedni prikaz uzorak s lokacije u samom središtu grada Mostara (riječni aluvij).

U granulometrijskim se analizama pokazuje pravilnost promjene granulometrijskog sastava s dubinom. Sadržaj krupnijih čestica s dubinom se smanjuje, a sudjelovanje sitnije frakcije raste. Ova se činjenica može objasniti tako što je prvobitni granulometrijski sastav čestica u glacijalnim nanosima s vremenom nešto izmijenjen, na način da su sitne čestice dimenzije praha i gline s površinskim vodama koje su se procjeđivale, prodirale sve više u dublje dijelove ledničkih naslaga. Na taj je način moglo doći do povećanja sudjelovanja fino zrne frakcije, a smanjenja krupnozrne s porastom dubine. Vrijednosti koeficijenta filtracije dobivenih jednadžbom Terzaghija zadovoljavaju AC klasifikaciju koja je pretežito šljunkovito-pjeskovita.

Koeficijent filtracije tla dosta je ujednačen i njegova vrijednost iznosi 10^{-3} cm/s što po usvojenim standardima odgovara krupnom pijesku, odnosno materijalu velike propusne moći, za razliku od uzoraka uzetih u samoj blizini jezera (Blidinje) koji imaju veći sadržaj sitnih čestica pa samim tim i manji koefi-

cijent filtracije. Voda se na površini ovih lokaliteta zadržava kratko i svoj put pronalazi krećući se podzemljem, gdje se većina voda drenira k Blidinjskom jezeru i ponorima smještenim uz jugozapadni rub planine Čvrsnice.

Rezultati koeficijenta filtracije uzorka glacijala s Prokoškog jezera slični su uzorcima glacijala s Boračkog i Blidinjskog jezera i ukazuju na prisutnost sitnije frakcije zrna, dok uzorak potočnog sedimenta ima približno isti koeficijent filtracije kao i prva tri uzorka s Blidinjskog jezera pa u tom slučaju zaključujemo da je voda isprala sitnije čestice, pa je samim tim i veća propusnost vode.

2.1 Modul kompresije

Ispitivanje modula kompresije kružnom pločom promjera $D=300$ mm napravljeno je na lokaciji II (fluvioglacial) slika 2.2. Ispitivanje je provedeno na sloju dubine oko 4,0 m, za zadani interval opterećenja od $\Delta\sigma=0,05$ MPa na osnovi kojih su dobivene srednje vrijednosti slijeganja s u mm. Iz poznate jednadžbe za izračunavanje modula kompresije dobiven je rezultat $M_{kII} = 7$ MPa.

$$M_k = (\Delta\sigma / \Delta s) \cdot D \quad (2.1)$$

Isto je ispitivanje provedeno i na lokaciji I (deluvij) na dubini oko 80 cm. Vrijednosti modula kompresije u ovom slučaju je iznosila $M_{kIV} = 8$ MPa. Ove su vrijednosti dobivene mjerenjem očekivane s obzirom na AC klasifikaciju materijala. Po našim propisima, gdje su usvojeni kriteriji za ocjenu modula kompresije tla, možemo zaključiti da se radi o srednje stišljivom tlu, koje zadovoljava interval: $M_k = 5 - 10$ MPa za srednje stišljivo tlo.

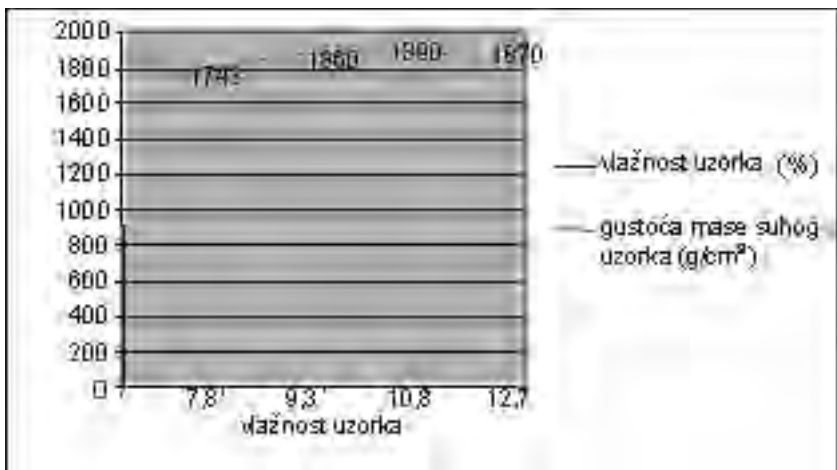
Srednja vrijednost modula kompresije za ova dva uzorka je $M_{k,sr} = 7,5$ MPa, vrijednost kuta unutrašnjeg trenja $\varphi = 31^\circ$. Za uzorke glacijala s Prokoškog jezera procijenjen je modul kompresije na $M_k = 10$ MPa, a kut unutarnjeg trenja $\varphi = 29^\circ$.

Radi usporedbe prikazane su vrijednosti dobivene u riječnom aluviju, u samom središtu grada Mostara. Iz rezultata SPP slijedi da je relativna zbijenost šljunka u kategoriji "vrlo zbijen", te da su najmanje vrijednosti parametara posmične čvrstoće: $\varphi_{min} = 38^\circ$, $c = 0$ MPa a modul stišljivosti je procijenjen na $M_v = 75000$ kPa. Tlo pripada kategoriji malo stišljivog.

2.2 Proctorov opit

Ovaj postupak izvedene je laboratorijski na uzorku s lokacije II slika 2.2 (Blidinjsko jezero. Uzorak se slojevima ugrađivao u metalni kalup promjera 10,0 cm, visine 11,69 cm i nabijao maljem koji pada s

visine od 30,5 cm za svaki sloj s 25 udaraca. Dobiveni rezultati su nanijeti na dijagram (slika 2.1) s kojeg je očitana vrijednost optimalne vlažnosti od 11% (moguća greška u rezultatu 2-3%). Optimalna vlažnost odgovara maksimalnoj zapreminskoj težini od $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$.



Slika 2.1: Dijagram određivanja optimalne vlažnosti

2.3 Geofizička ispitivanja

Ova su ispitivanja provedena u samoj blizini Blidinjskog jezera, a cilj ispitivanja primjenom metode električnog sondiranja, bio je određivanje električne otpornosti i debljine pojedinih električnih sredina. Električno sondiranje izvedeno je s polurazmakom strujnih elektroda $AB/2_{max} = 300$ m, što je omogućilo istraživanje do dubine najviše 100 m. Zona istraživanja dana je na slici 2.2 na tri geoelektrične sonde (S-1, S-2, S-3) međusobno udaljene oko 100 m.



Slika 2.2: Zona u kojoj je izvedeno geoelektrično sondiranje

Sredina 1 s vrijednošću SEO 135-334 Ωm , definirana je deluvijalnim sedimentima: barski i jezerski prah s drobinom i glinom. Veće vrijednosti SEO odgovaraju krupnozrnim frakcijama, a manje sitnozrnim. U okolici S-1, na dubini 2-4 m, je pretežito glinoviti materijal. Mogućnost infiltracije površinskih voda u podzemlje kroz ovu sredinu je moguća i to brže u okolici S-2 i S-3, nego u S-1. debljina ove sredine je najviše 4 m, u okolini sonde S-1. Deluvij je relativno slabo vodopropusan.

Sredina 2 s vrijednostima SEO 597-4 818 Ωm , definira se morensko-glacijalnim sedimentima: nevezani i slabo vezani komadi vapnenca i dolomita izmješani su sa sitnom drobinom. Širok raspon SEO ukazuje na različitost krupnoće zrna sedimenta. Općenito, krupnoća zrna povećava se od S-1 do S-3. Dubina prostiranja ove sredine je najviše 35 m, u okolici sonde S-1. Morensko-glacijalni sedimenti su dobro vodopropusne naslage, međuzrnske poroznosti.

Sredine 3 i 4 s vrijednostima SEO 277-672 Ωm i 12957-23497 Ωm , definirane su sedimentima jure: više ili manje okršeni vapnenac ili dolomit. Manje vrijednosti SEO ukazuju na prisustvo veće okršenosti vapnenca s glinom i vlagom kao ispunom pukotina. Sredina 4 nije dovoljno definirana budući se slojevi protežu dublje od dubine ispitivanja.

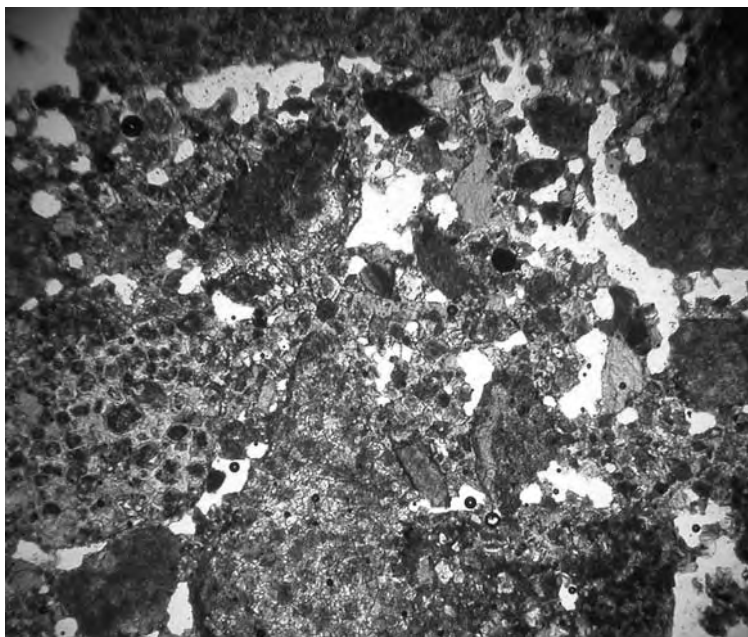
2.4 Petrografska analiza uzorka

Uzorak (26,5 m)



Slika 2.3: Ispitivani uzorak sa dubine od 26,5 m

Obradeni uzorak petrografskom analizom uzet je iz istražne sonde na lokaciji S-1 sa dubine od 26,5 m. Makroskopski, uzorak je svijetle crvenkasto-smeđe boje i brečaste strukture. Na piljenoj površini uzorka vidljivo je poluuglasto do poluzaobljeno kršje (veličine presjeka 2 do 30 mm) i poluzaobljene do zaobljene valutice (veličine presjeka 2 do 25 mm) sive do smeđe boje, uloženi u crvenkasto-smeđe mineralno vezivo. Unutar veziva, odnosno između zrna, vidljive su nezapunjene pore i šupljine veličine presjeka do 9 mm a vezivo čini, u odnosu na kršje i valutice, oko 30 vol% uzorka (prema vizualnoj procjeni). Odnos kršja i valutica kreće se od 60:40 do 70:30 (slika 2.3 i slika 2.4).



Slika 2.4: Pogled na uzorak elektronskim mikroskopom

3. KOEFICIJENT OBLIKA ZRNA

S obzirom na opsežnu građu i na jako veliki broj činitelja bitnih za prepoznavanje prirodnih procesa u ovom radu naglasak je dan na istraživanje oblika i zaobljenosti zrna glacijalnog i fluvioglacijalnog materijala na već spomenutim lokacijama.

Granulometrijska raspodjela sedimenata je temeljna značajka u razumijevanju okoliša zemljine površine i bitna alatka u klasificiranju sedimentarnih okoliša. Granulometrijski podaci pružaju važne informacije o energiji i dinamici taložnih okoliša.

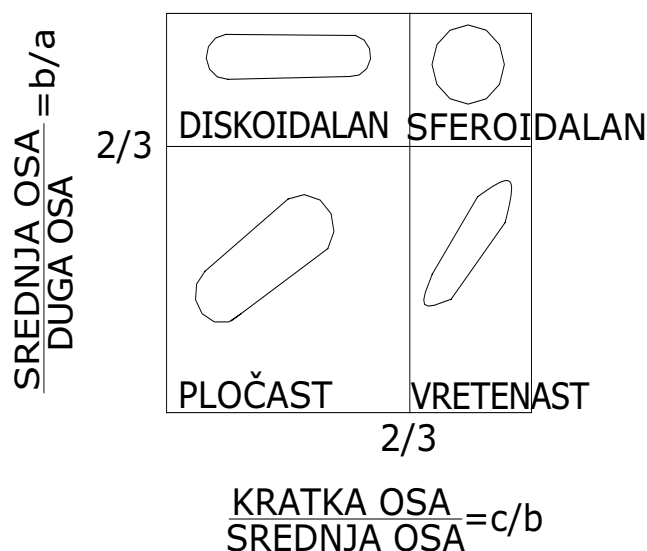
3.1 Oblik i zaobljenost

Već dugo su geolozi opčinjeni problemom izdvajanja geoloških informacija iz analize veličine zrna (granulometrijske analize) pijeska i šljunka. Stoga postoji brojna literatura o tehnikama i tumačenju veličine zrna nego o bilo kojem drugom aspektu teksture. Zsigurno nema znaka popuštanju stope publciranja u ovom području. Premda je to jedan od najšire korištenih pojmova u sedimentologiji, “veličina” čestice nije jedinstveno definirana osim možda samo za najjednostavnije geometrijske predmete kao što su sfera (promjer) ili kocka (dužina ruba). Ali za nepravilne čestice kao zrna pijeska, veličina uobičajeno ovisi o metodi mjerenja, koja sa svoje strane ovisi o predmetu proučavanja.

Oblik i zaobljenost su osobine zrna koje imaju značaj za proučavanje učinka procesa prijenosa na talog isporučen od izvornog područja. Ove osobine otkrivaju promjenu uglatih zrna mnogih oblika putem abrazije, otapanja (solucije) i strujnog sortiranja. Zaobljenost osobito odražava povijest abrazije, koja pak ovisi o različitim geološkim kontrolama kao što su reljef, vrsta izvornih stijena, proces prijenosa, i mineralogija zrna.

Oblik se zrna odnosi na sve aspekte vanjske morfologije čestice, uključujući ukupnu formu (ekvidimenzionalnost ili sferičnost), zaobljenost (oštrinu rubova i kutova) i teksturu površine (grubost ili glatkoća u maloj razmjeri).

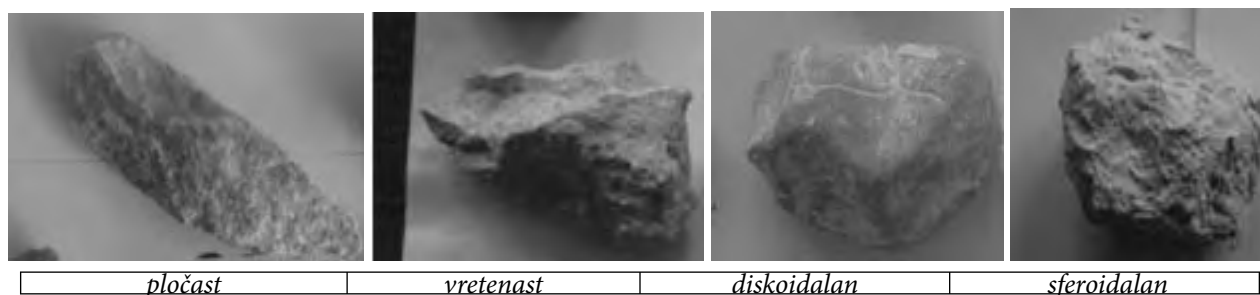
Neki se oblici zrna mogu opisati kvalitativno u smislu sličnosti s lako prepoznatljivim geometrijskim oblicima ili organskim analogijama, kao što su sfere, sferoidi, elipsoidi, diskoidi, oštrice i šipke. Međutim, takvi opisni termini su subjektivni i od male su pomoći kada zrnca nemaju jasno prepoznatljiv oblik. Kvantitativno opisivanje i statistička usporedba oblika populacija zrna se može postići samo korištenjem numeričkih parametara oblika. Godine 1935. Zingg je ustanovio da je moguće izdvojiti četiri osnovna oblika valutaka šljunka na osnovi odnosa njihovih osi. U obzir je uzeo odnos srednje prema dužoj osi (b/a) i kraće prema srednjoj osi (c/b) (slika 3.1) i na taj način dobio diskoidalan, sferoidalan, pločast i vretenast oblik zrna (slika 3.2).



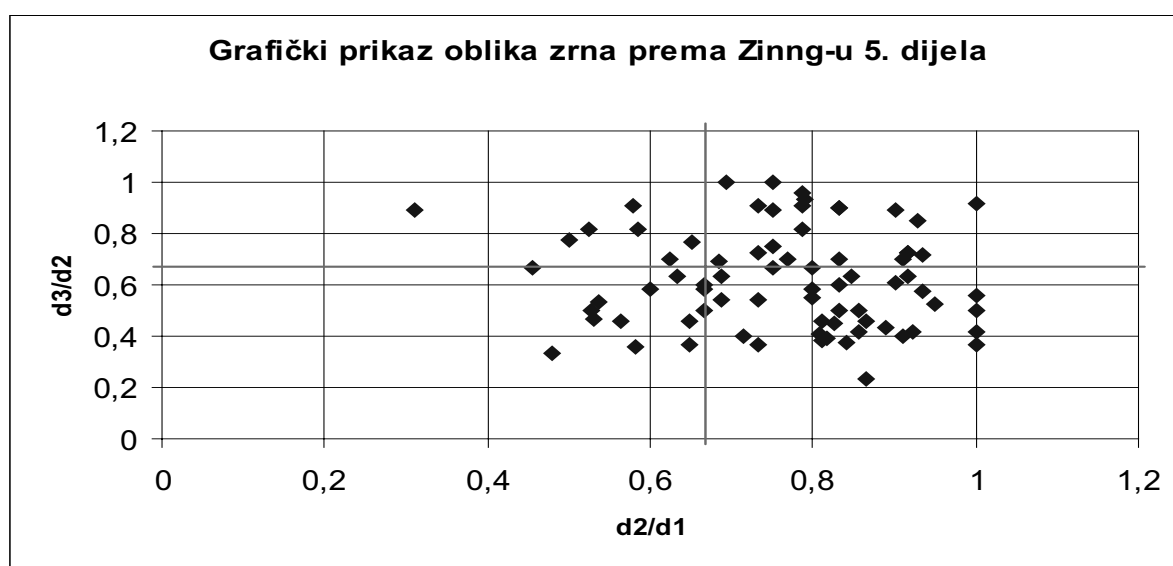
Slika 3.1: Osnovni oblici valutaka šljunka prema Zingg

klasa	b/a	c/b	oblik
1	$>2/3$	$<2/3$	diskoidalno
2	$>2/3$	$>2/3$	sferoidalno
3	$<2/3$	$<2/3$	pločasto
4	$<2/3$	$>2/3$	vretenasto

Tablica 3.1: Određivanje oblika zrna prema Zinggu



Slika 3.2: Osnovni oblici valutaka glacijala uz Blidinjsko jezero



Slika 3.3: Prikaz oblika zrna prema Zinggu za uzorak glacijala

Slika 3.3 pokazuje najveći omjer zastupljenosti zrna vretenastog oblika na ispitanom uzorku, što je potvrda da ova zrna nisu prošla kroz više ciklusa sedimentacije.

4. VARIOGRAM KAO POSLJEDICA PROSTORNE KORELACIJE VARIJABLE

Koriste li se varijable o stijeni ili tlu bitno je upoznati njihova svojstva da bi se napravio pouzdan geološki / geotehnički model. Rezultate istraživanja i zaključke proizašle iz njih veže pouzdanost procjene. Pouzdanost procjene je ona mjera koja presuđuje o kvaliteti izvedenih istražnih radova i njihovoj količini, kojima je cilj prikupiti statistički dovoljan skup podataka. Premalo podataka znači izložiti se riziku velike greške u prosudbi, a prevelik skup redovito traži i velika ulaganja, koja prelazi granicu isplativosti. Zahtijeva se dakle statistički dovoljan skup podataka, ali prije svega ona metoda obrade koja će iz takvog skupa izvući najkvalitetnije zaključke s najmanjom pogreškom. Povezanost prostora i varijabli čini specifičnost ovih informacijskih sustava.

Variogram je osnovna geostatistička funkcija i posljedica je prostorne korelacije u polju varijable. Jasnina i često vrlo jaka prostorna korelacija krije se u naoko kaotičnim rezultatima istraživanja. Variogram je kadar otkriti i definirati takvu korelaciju.

Prema definiciji, variogram je dijagram tzv. gama-funkcije i udaljenosti između parova. S korelogramom ga povezuju pojmovi koraka, tolerancije koraka i traženje parova, samo što se za takve parove ne računa koeficijent korelacije, već tzv. funkcija gama. Zato je lakše variogram pratiti u usporedbi s korelogramom.

Eksperimentalne vrijednosti variograma neke varijable računaju se prema jednadžbi:

$$g_{(i+h)} = 0,5 \frac{\sum (\text{VARBA}_i - \text{VARBA}_{(i+h)})^2}{n_{(i)}} \quad (4.1)$$

gdje su:

i – redni broj koraka u variogramu

h – korak variograma

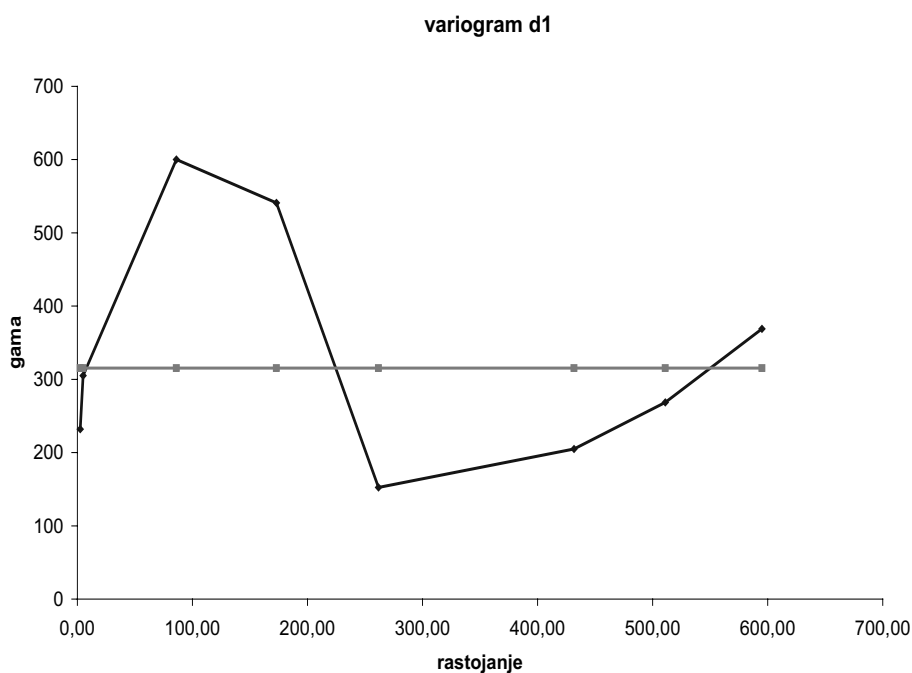
$g_{(i+h)}$ – vrijednost funkcije gama u i -tom koraku

$\text{VARBA}_i - \text{VARBA}_{(i+h)}$ – razlika vrijednosti varijable VARBA u točkama udaljenim i , $i+h$

n_i – broj parova točaka u i -tom koraku

4.1 Primjena variograma u interpretaciji geomehaničke građe glacijala

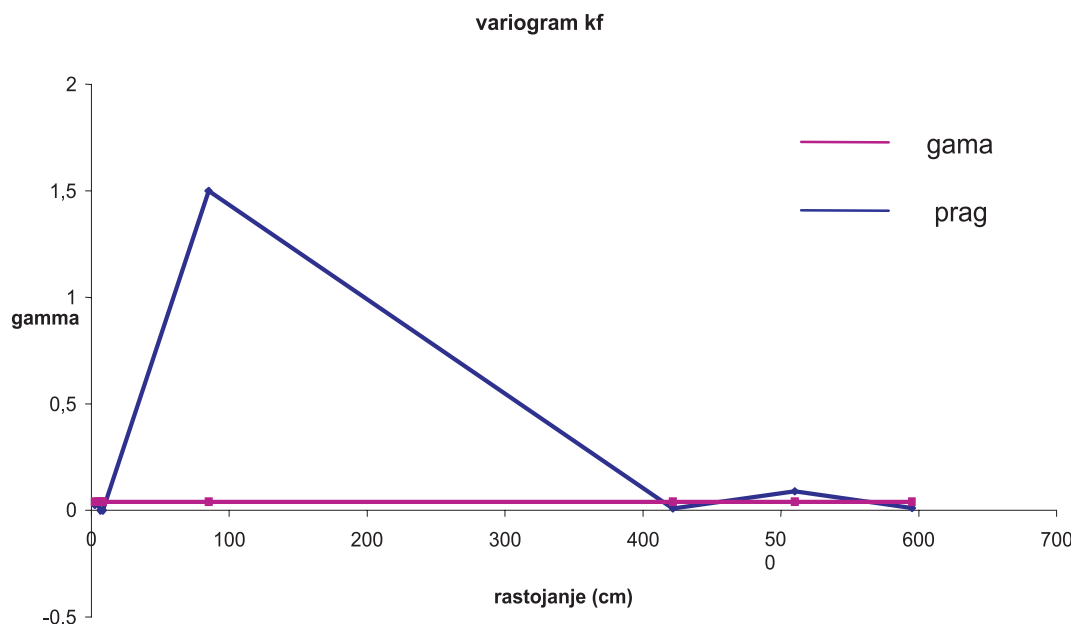
Variografska je analiza provedena na uzorcima tla iz istražne bušotine S-1 uzetih na svaki 75 cm izvađene jezgre.



Slika 4.1: Variogram u odnosu na veću dimenziju zrna



Slika 4.2: Orijentacija zrna u jezgri presjeka tla



Slika 4.3: Variogram u odnosu na koeficijent oblika zrna

Kada se načinio variogram istog rasporeda zrna u prostoru, i za varijablu odabrana opća forma zrna slika 4.3 umjesto jedne njegove dimenzije slika 4.2, dobila se slična variogramska forma, ali je debljina lokalne, umetnute strukture sada točno dva puta veća (4 m) slika 4.3. To je još jedna zanimljivost u građi ovoga materijala. Sve bi se moglo protumačiti činjenicom da se takve zone odlikuju, ne samo ujednačenijim zrnima po veličini od svoje okoline, već i drugačijom općom formom. Ujednačenost zrna održava se prosječno do dubine od 2 m, a zatečena forma zrna iz te zone još sljedeća dva metra.

Mogli bi govoriti o složenoj zonalnoj strukturi umetnutoj u fluvio-glacijal blidinjske sinklinale, ili čak o dvije vrste takvih zona. Ako se takva zona smatra jedinstvenom tada ju je moguće podijeliti na dva dijela po visini.

U gornjoj zoni, prosječne debljine dva metra, održava se jednoličnija granulacija od one u okolini, koja je ujedno prosječno veća ili manja, ali i drugačija opća forma zrna. U donjem dijelu te lokalne strukture, opet prosječne debljine dva metra, gubi se ona ujednačenost veličine zrna, ali se zadržava njegova različita forma od okoline.

Cijela se lokalna struktura može tretirati i kao jedna struktura s dvije podstrukture. Treba napomenuti kako je lokalna struktura i podstrukture lećastog oblika, što se zna iz iskustva s drugim materijalima. U geomehničkom smislu ovo su materijali s izraženom malom rezidualnom čvrstoćom u odnosu na početnu, što treba zahvaliti vrlo brzom popuštanju „zakačenih“ bridova pod opterećenjem.

LITERATURA

- [1] Prskalo, M., [2008], Doktorska disertacija, *Geomehaničke odlike blidinjske sinklinale u funkciji geološkog nastanka prostora*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar
- [2] Marjanović, Pero [1996], *Računalo i modeliranje u rudarstvu, geologiji i geotehnici s elementima teorije regionalizirane varijable*, Mostar
- [3] Marjanović, P., Prskalo M, Galić A., [2005], *Geološke, geomorfološke i geomehaničke odlike Parka prirode Blidinje*, Prvi međunarodni znanstveni simpozij Blidinje
- [4] Marjanović, P., Prskalo M, Galić A., [2006], *Glacijalni i fluvioglacijalni materijali u Bosni i Hercegovini*, PEMS Sarajevo
- [5] Prskalo, Maja [2003], *Zbirka riješenih zadataka iz Mehanike tla*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru
- [6] Bogar, A., Šimunović, V., [2005], *Geomorfološke značajke Parka prirode Blidinje*, Prvi međunarodni znanstveni simpozij Blidinje
- [7] Eldrett, James S. and others, [2007], *Nature, The International Weekly Journal of Science*, Vol.446, (www.nature.com/nature)
- [8] Grubić, Aleksandar, Obradović, Jelena, [1975], *Sedimentologija*, Građevinska knjiga Beograd
- [9] Hrvatović, Hazim., [1999], *Geološki vodič kroz Bosnu i Hercegovinu*, Zavod za geologiju, Sarajevo, No 16,20, 173,175
- [10] Hrvatović, H., [2007], *Ledena Bosna, Okrugli stol "Glacijal Bosne i Hercegovine"*, Mostar
- [11] Knight, Jasper, [2000], *The geological conversation of glaciofluvial sand and gravel resources in N. Ireland : An Integrated approach using natural areas*, Universitet of Ulster, UK
- [12] Marjanac, T., Marjanac Lj., [2007], *Dinaridski model glacijacije*, Okrugli stol "Glacijal Bosne i Hercegovine" Mostar

V.
IZ EKOLOGIJE

GOSPODARENJE VODAMA U DELTI NERETVE

SAŽETAK

Močvare (vlažna staništa) imaju veoma važnu ulogu u ciklusu kruženja vode jer uspostavljaju ravnotežu između procesa isparavanja vode, obnavljanja površinskih i podzemnih voda te primanja oborinskih voda. Osim što su vlažna staništa istovremeno i prirodna staništa mnogih ugroženih biljnih i životinjskih vrsta, ona također imaju brojne druge vrijedne prirodne funkcije, jer pružaju zaštitu od poplava, doprinose purificiranju vode, potiču razvoj tradicionalne poljoprivrede, turizma i rekreacije te znanstvenih istraživanja. Iako su tijekom posljednjih 125 godina ljudi štetno intervenirali u prirodni okoliš sliva Neretve u njenu Deltu posebno, i sada je prirodni okoliš u Delti od međunarodnog značaja zbog svoje biološke raznolikosti i prekrasnih krajolika. Delta Neretve ima najveće i najvrjednije ostatke Mediteranskih močvara i laguna, koje su rijetkost u Europi. Zato je delta Neretve uvrštena u Popis vlažnih staništa od međunarodnog značenja u smislu Ramsarske konvencije, kojoj je R.Hrvatska pristupila 1991. godine kao punopravna članica. Time se je obvezala na odgovorno čuvanje, upravljanje i racionalno korištenje vlažnih staništa na području svoje zemlje. Integrirano upravljanje vodama u sustavu slivova Neretve i Trebišnjice i pravična raspodjela voda korisnicima u smislu EU WFD, moguće je ostvariti samo dogovorom opunomoćenih predstavnika 'Hrvatskih voda' i 'Jadranskog sliva' sa predstavnicima svih korisnika vode, koji trebaju pregovaranjem formulirati i potpisati pravičan Ugovor. Realiziranje ovog ugovora treba osiguravati inspeksijska komisija, čije članove bira zajednica korisnika u smislu zajednički napisanog naputka o njihovom radu potpisanog od predstavnika svih korisnika. U ovoj publikaciji navode se poznate ugroze prirodnog okoliša i daju određene preporuke glede zaštitnih mjera prirodnog okoliša i izbora predstavnika korisnika vode različitih sektora radi uspješnog provođenja EU WFD direktive.

Ključne riječi: Delta Neretve, močvara, zaštita okoliša, izvori vode, gospodarenje vodama

¹ Prof.dr.sc. Mladen Zelenika, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

² Mr.sc. Neven Trenc, Državni zavod za zaštitu prirode Zagreb/R.Hrvatska

³ Milena Čavić, dipl.ing.geol. Geofizika d.d. Zagreb – Geofizika d.o.o. Sarajevo

1. UVOD

Delta Neretve je oduvijek privlačila pozornost ljudi zbog svoje ljepote i gospodarskih potencijala, kojima se željelo profitabilno gospodariti. Okvirna direktiva o vodama EU (WFD) zahtijeva od svih europskih zemalja suvremeni koncept integralnog upravljanja riječnim bazenima radi udovoljavanja pravičnim interesima svih tradicionalnih i potencijalnih korisnika vode (stakeholders), uključujući vodoopskrbu, održiv razvitak, rekreaciju, zaštitu voda i prirodnog okoliša. Za realiziranje WFD propisan je rok od 15 godina, koje već protječu bez zadovoljavanja pravičnih interesa pregovorima, koji nisu ni počeli, a hitni su radi potrebe zaštite delte Neretve.

Velike količine vode u slivovima Neretve i Trebišnjice, u prirodnim hidrološkim, ekološkim, hidrogeološkim i klimatskim uvjetima, od presudnog su značaja za opstojnost najveće mediteranske močvare na istočnoj obali Jadranskog mora. Regulacija Neretve i njenih pritoka, promijenila je intenzitet erozije u koritu i slivu Neretve i Trebišnjice pa uvjetovale nestanak nanosa veoma vrijednog za Deltu. Gradnja hidroelektrana u slivovima, prometnica i naselja u samoj Delti, eksploatiranje šljunka iz korita te pijeska na ušću, isušivanje močvara i njihovog prevođenja u poljoprivredno tlo, promijenili su režim i kakvoću površinskih i podzemnih voda u slivu. U delti Neretve su ostali rastrkani ostaci močvara u intenzivno kultiviranom i naseljenom okolišu. Reducirane su površine većine nekadašnjih tršćaka, močvara, jezera i lagune, koje su veoma važne za zimovanje brojnih vrsta ptica, hranilišta riba, za turiste zainteresirane za ljepota krajolika močvare. Hidrološke i hidrogeološke odlike te spomenuti antropogeni zahvati u slivu, značajno su ugrozili prirodni okoliš i mogućnosti održivog razvoja tradicionalnih proizvodnih aktivnosti u Delti kao što su: poljoprivreda, ribolov, lov i turizam. Značajnije ugroze okoliša u Delti ovdje definiramo kako slijedi:

- Zaslanjen je bazen Male Neretve, kojeg je trebalo čuvati radi navodnjavanja melioriranih površina na lijevoj strani delte Neretve. Zaslanjuje se i tlo u Delti zbog smanjenja kapaciteta izvora kvalitetne vode na rubovima Delte, jer su skrenute poplavne vode s krških polja u betonirane odvode prema moru.
- Sliježe se tlo u Delti, kojem nedostaju ranije količine riječnog nanosa zadržanog u akumulacijama hidroelektrana u slivu.
- Sve je veći klin slane vode u koritu Neretve, koji se proteže u sušnoj sezoni od mora do Gabele pa se morske ribe pojavljuju u Neretvi i Norini.
- Melioracijski sustav nije dovršen, nedostaje kvalitetne (slatke) vode u vegetacijskoj sezoni za nužno navodnjavanje usjeva. Tlačne crpne stanice i tlačni sustav za navodnjavanje su izvan funkcije.
- Fekalne vode iz naselja i smetlišta degradiraju kakvoću vode u obodnom kanalu na lijevom obodu Delte, Mislini i jezeru Kutu.
- Nestao je PIK 'Neretva' u Opuzenu koji je gradio i održavao melioracijske objekte te koordinirao poljoprivrednu proizvodnju u Delti. Tako je promijenjen sustav vlasništva poljoprivrednih površina,

oblik parcela, plodored kultura, degradiran je sustav održavanja hidrotehničkih objekata i koordinacija poljoprivrednih aktivnosti, a ribolov i lov su bez učinkovitog nadzora.

- Bagerima se kopaju zabranjeni jendeci u prirodnim močvarama čime se nanosi višestruka šteta Delti. Javljaju se neprihvatljive tendencije za produbljivanjem korita vodotoka (Norina) u močvarama, iako je poznato da se degradiranjem korita omogućava intenzivniji dotok slane vode iz mora i podzemnih zaslanjenih vodonosnika. Lokalni lovci bez mjerodavne ekspertize biologa, zahtijevaju paljenje ševa-
ra u močvarama.

Definiranje pravičnih vodoprivrednih dozvola za svakog korisnika vode s uvjetima korištenja, sustavnog praćenja i vrjednovanje promjena odlika tla, vode i zraka te razina, kakvoće i protoka vode u različitim sezonama, najvažniji su uvjeti za primjereno **gospodarenje i nadzor upravljanja vodama u slivu**. Gospodarenje vodama je osnovni čimbenik održivog razvoja i djelotvornog očuvanja prirodnog okoliša područja s njegovom autohtonom florom i faunom. Okvirna direktiva o konceptu integralnog upravljanja vodama u riječnim bazenima u Europi (EU WFD), zahtijeva od svih europskih zemalja, pravično udovoljavanje interesima svih korisnika vode (stakeholders). Zato je nužno inaugurirati točan popis korisnika vode u slivovima Neretve i Trebišnjice s podacima o godišnjim potrebama vode po mjesecima i njihovo djelovanje na promjene kvaliteta korištene vode. Uvjete i količine korištenja vode treba jasno definirati u vodoprivrednoj dozvoli korisnicima, što treba temeljiti na Ugovoru postignutom dogovaranjem predstavnika svih korisnika vode. Današnji korisnici, od individualnih potrošača vode i komunalnih poduzeća za vodoopskrbu, poljoprivredu, ribarstvo, turizam i riječni promet do industrije i elektroprivrede, dužni su se pridržavati odredbi očekujućih vodoprivrednih suglasnosti. To je garancija čuvanja prirodnog okoliša, planiranje uporabe prostora s održivim razvojem i uvjeta za šport, rekreaciju, turizam i znanstvena istraživanja.

U ovoj publikaciji se daje pregled štetnih intervencija koje ugrožavaju prirodni okoliš Delte. Uzroke promjena prirodnog okoliša u Delti treba jasno definirati i kvantitativno procijeniti utjecaj svake od antropogenih aktivnosti. Preporučuje se nadležnim institucijama i korisnicima voda u slivu, hitno dogovaranje njihovih predstavnika o pravičnom korištenju voda u smislu EU WFD i važećih propisa. Dogovor postignut konsenzusom trebaju djelotvorno provoditi institucije upravljanja i gospodarenja vodama u slivovima Neretve i Trebišnjice. Njihov rad treba sustavno kontrolirati relevantna inspekcijska institucija radi čuvanja vrijednog prirodnog okoliša uz održiv razvoj tradicionalnih aktivnosti pučanstva u Delti.

2. OPĆI PODACI O SLIVU

Delta Neretve se može podijeliti u tri morfološki različita dijela: područje krša, nizinsko područje same Delte i obalni pojas. Za stvaranje Delte karakterističan je njezin rub s naglom promjenom nagiba i čvrstim vapnencima, koji izgrađuju obodno područje. Vapnenci izgrađuju i karakteristične humove što

izbijaju iz kvartarnih deltnih sedimenata. Za deltu Neretve su karakteristična proširenja, koja su dinarskog pružanja, a prvo od njih je nizvodno je od Počitelja s lijeve strane Neretve (Hutovo blato i Deransko jezero), što predstavlja hercegovački dio Delte. U blizini državne granice Delta se suzuje na svega 1,2 km (Gabela – Dračevo). Nizvodno od Gabele proširenje je na desnoj stani Neretve (Vidovsko blato unutar trokuta Podgrede – Kula Norinska – Gabela). Treće proširenje je s lijeve strane rijeke u trokutu Metković – Opuzen – jezero Kut. Kod Opuzena se Delta opet suzuje na svega 2,6 km. Završno proširenje (današnje aktivne delte) područje je Ploče – Krvavac – Lovorje, i to je agrarno najvažniji dio Delte. Površina tako određene neretvanske Delte iznosi oko 170 km², a od toga R.Hrvatskoj pripada 120 km² ili 70%.

Za stvaranje delte su potrebne velike količine nanosa i najmanja energija morskog okoliša na ušću rijeke. Neretva je, prema procjenama s početka 20.stoljeća, donosila nanos od oko 500.000 m³ godišnje. Poluotok Pelješac štiti Neretvanski kanal od otvorenog mora pa je raspon morskih mijena bio povoljan za nastanak Delte. Današnji reljef kopna i podmorja u području doline i ušća Neretve posljedica je tektonskih pokreta, klimatskih promjena, promjena razine mora tijekom geološke prošlosti i time uvjetovanih erozijskih i sedimentacijskih procesa. Neotektonski pokreti od donjeg pliocena do danas, imali su presudan utjecaj na stvaranje Delte. Osnova postanka donjeg toka rijeke Neretve tektonski je predisponirana, a vezana je uz vjerojatno jaču rasjednu zonu okomitu na pružanje Dinarida, duž koje je voda modelirala dolinu Neretve. Za razvoj Delte važne su globalne oscilacije razine mora. Naime, morska je razina globalna granica iznad koje prevladavaju procesi erozije stijena, a ispod nje prevladavaju procesi akumulacije materijala.

Slivovi rijeka Neretve i Trebišnjice teritorijalno pripadaju dvjema državama, BiH i R.Hrvatskoj. Neretva izvire 5 km južno od Jabučice brda u blizini planine Zelengore na nadmorskoj visini od 1.095 m. Dužina Neretve je 218 km, od čega je u RH samo 22,3 km. Njeno orografsko porječje iznosi oko 5.580, a ukupno 10.100 četvornih kilometara (Margeta i Fistanić, 2000.). U svom gornjem toku Neretva prolazi terenima koji su uz karbonatne stijene građeni i od klastičnih sedimentnih, magmatskih i metamorfnih stijena. Dolina je u početnom dijelu paralelna pružanju Dinarida, a od nekadašnjeg utoka rijeke Rame znatnim dijelom presijeca Dinaride i usmjerava se prema jugu. Neretva do Počitelja u svojim prirodnim uvjetima ima bujično-erozijske karakteristike, a nizvodno prelazi u deltno područje s ravničarskim meandrirajućim tokom, s brojnim zaostalim rukavcima, jezerima i kriptodepresijama.

Klimatske karakteristike područja sliva Neretve variraju s udaljenošću od mora. Nisko područje bliže moru ima mediteransku klimu, srednji dio kontinentalnu, a najudaljeniji i najviši dio ima planinsku klimu. Srednja vrijednost godišnjih oborina je 1650 mm, a kreće se u granicama između 1500 i 1800 mm/godinu. Najveći dio oborina javlja se u zimskom razdoblju, a najmanje je oborina ljeti. Srpjanj je ponekad i bez oborina pa je nužno dodatno navodnjavanje usjeva. Temperatura se kreće od -29 do +43 °C, a godišnja evaporacija je od 500 do 900 mm. Srednji godišnji protok rijeke je 269 m³/s, najmanji je 44 m³/s, a najveći 2179 m³/s. Koeficijent otjecanja je oko 0,871 (Margeta i Fistanić, 2000.).

Krška građa pretežitog dijela slivova Neretve i Trebišnjice uvjetuje krške značajke terena i otjecanja oborinskih voda. Gibanje oborinskih voda podzemnim i površinskim tokovima je veoma važan čimbenik za vrijednosti ekoloških parametara, koji su od presudnog utjecaja za razvoj i održavanje biocenoze i od veoma bitnog utjecaja na genezu većine morfoloških krških pojava, kojima ovo područje obiluje: podzemne špilje, jame, vrulje, oka, ponori, estavele, izvori, krška polja na različitim nadmorskim visinama i Delta.

Poplavne vode na krškim poljima se javljaju povremeno, gdje se ljeti oskudijeva s vodom. Poplavne vode igraju važnu ulogu za napajanje izvorišta kvalitetne vode u nižim područjima sliva uključujući i rubove Delte.

Granice slivova Neretve i Trebišnjice istraživane su s puno truda i postignuti značajni rezultati na toj složenoj zadaći. Obje rijeke i njihove pritoke su veoma bogate vodom u kišnoj sezoni. Neretva se ulijeva površinski u more, a Trebišnjica prirodno ponire većim dijelom svoga prirodnog korita i najvećim dijelom na Popovom polju, koje je plavljeno i do 7500 ha površine s 303 dana trajanja (1915.). Poplave su u prosjeku trajale 199 dana/godinu. Vode sliva Trebišnjice su ponirale na rubovima kraških polja, i izvirale na u morskim vruljama te brojnim važnim vrelima po rubovima Hutova blata i Delte odakle su otjecale u Neretvu. Mala Neretva na lijevoj strani Delte spominje se kao dio sliva Trebišnjice (Hrvatske vode).

3. POVIJEST GOSPODARENJA DELTOM

Voda je obnovljiv ali istovremeno ograničen i veoma osjetljiv prirodni resurs (ekonomsko dobro) pa se za korištenje vode moraju primijeniti kriteriji: ekonomske efikasnosti, slobodnog pristupa i pravične raspodjele respektirajući održivost vitalnih ekosustava i održivog razvoja. Vodu kao geofizički pojam definiraju 3 parametra: **količina, kakvoća i njena pozicija** (lokalitet). Obzirom na njenu uporabnu vrijednost – voda ima **socijalno-ekonomsku i ekološku kategoriju** pa je to četvrti parametar, kojim se definiraju uvjeti za zahvaćanje, korištenje i zaštitu vode (Knežević, 2004). Poduzetni lokalni stanovnici i vlast koja je upravljala područjem, imali su obično različite pristupe i aktivnosti glede razvoja gospodarstva na bazi prepoznatih prirodnih potencijala Delte. Ovdje definiramo 5 povijesnih razdoblja u kojima su se razlikovale strategije aktivnosti u gospodarskom korištenju Delte (B. i M. Glamuzina 2001), kako slijedi:

1. U starije doba i u srednjem vijeku, najviše se koristila riba za život pučanstva. Područje je bilo važno za prolaz u Balkansko zaleđe iz ostalih dijelova Grčke i kasnije Rimske države. U srednjem vijeku je Opuzen (Opus) bio utovarno odredište za utovar soli proizvedene u Stonu za korist Dubrovačke republike radi isporuka u Bosnu i ostala mjesta Otomanskog carstva.

2. Mletačka vlast dolazi na ovo područje u 17. vijeku i razvija ribarstvo u Delti po ugledu na tehnologiju prakticiranu na rijeci Po. Tadašnja vlast je planirala razvoj velikih ribnjaka u lagunama i davala financijsku pomoć. Dolaskom Napoleonove vlasti ribarstvo se zapostavlja, a onemogućena je i vladavina Dubrovačke republike.

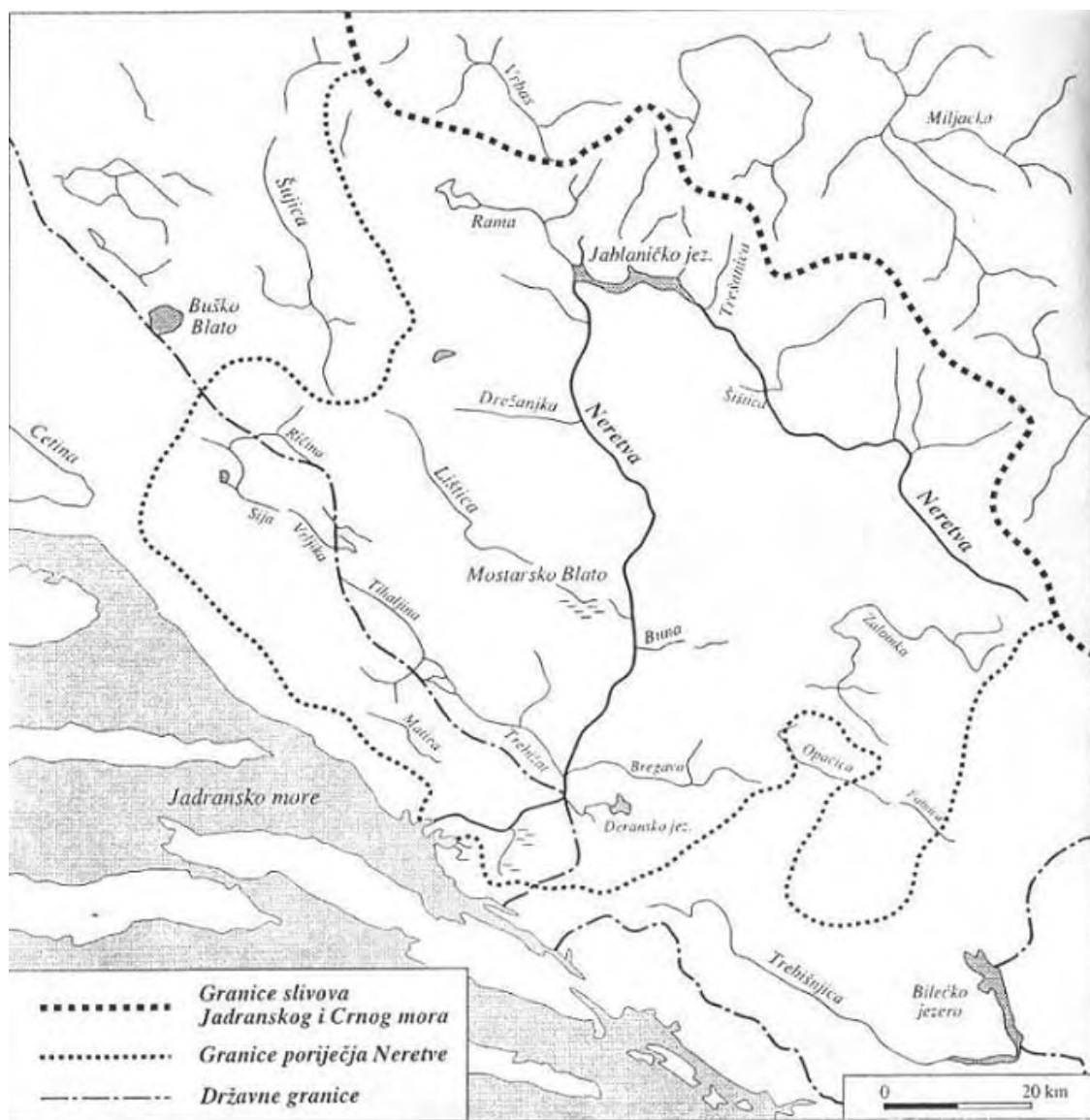
3. Nakon kratke Francuske okupacije na područje je došla Austro-ugarska uprava, koja je razvijala transportnu infrastrukturu za izvoz minerala i drveta, pogotovo nakon aneksije BiH. To je zahtijevalo izgradnju željeznice i plovnog puta cca 20 km, od mora do luke u Metkoviću (1889-1891). Tada je produbljeno i skraćeno korito Neretve, izgrađeno više prometnica, naselja i nasipa na štetu brojnih ranijih jezera, blatuša, laguna i 12 plićih riječnih rukavaca kojima se Neretva ulijevala u more. Reducirane su površine većine nekadašnjih tršćaka, močvara, jezera i laguna, koje su veoma važne za zimovanje brojnih vrsta ptica, hranilišta riba i prekrasnih krajolika ove najvažnije mediteranske močvare. Taj zahvat ima veoma negativne posljedice za ribarstvo, jer je većina jezera i laguna bogatih ribom, ostalo bez dovoljnog dotoka svježje vode. Nakon dramatičnog smanjenja ulova ribe, uređeno je nekoliko ribnjaka na moru, što je ublažilo nestašicu ribe, a poboljšane saobraćajnice su uvjetovale bolju prodaju ribe pa je prihod ribara očuvan.

4. Druga polovica 20. stoljeća je razdoblje intenzivnog razvoja poljoprivrede. Nakon II svjetskog rata bilo je značajno sučeljavanje dviju strategija razvoja Delte. Jedna je zahtijevala razvoj aqakulture, sličan onom koji je planiran za vrijeme Mletačke vlasti prije 200 godina. Druga strategija lokalnog utjecajnog admirala S. Parmača zagovarala je razvoj poljoprivrede i pobijedila. Pokrenut je plan intenzivnih melioracija u najvećoj laguni Modrić i nekoliko jezera u Delti. Poljoprivreda i njena prateća industrija naglo su se razvijale, a ribarstvo reducirano na lokalne potrebe. Izgrađena je nova luka u Pločama i prateći prometni sustav pa je područje postalo toliko privlačno za doseljavanje novih stanovnika da se u to vrijeme pučanstvo Delte udeseterostručilo. Zbog hidroenergetskih potencijala u slivu Neretve, tijekom ovog razdoblja, izgrađeno je 5 hidroelektrana.

5. Koncem 20. stoljeća je prevladala strategija zaštite okoliša, čuvanja prirodnih bogatstava i razvoja turizma. Direktni rezultat te strategije, proglašenje je zaštite riba, ptica i posebno vrijednih krajolika u laguni Perila, jezerima Kuti i Modro oko, Orepak i Prud. U ovom razdoblju su doneseni brojni domaći, europski i međunarodni propisi na različitim razinama, uključujući spomenuti koncept integralnog upravljanja riječnim bazenima radi udovoljavanja pravičnim interesima svih tradicionalnih i potencijalnih korisnika vode (stakeholders).

4. HIDROGEOLOŠKE ODLIKE DELTE I SLIVOVA

Za gornji dio sliva Neretve karakteristično je intenzivno površinsko, a za središnji dio sliva Neretve i sliv Trebišnjice podzemno dotjecanje vode (Mišetić i sur.2005.). Glavne prirodne podzemne akumulacije vode formiraju se u planinskim morfostrukturama (Čvrstica, Čabulja, Prenj, Velež i dr.). Najsloženiji karakter dotjecanja vode je u donjem toku Neretve, gdje je intenzivno podzemno dotjecanje vode iz sliva krških polja, s Popova polja i Bačinskih jezera posebno. Na slici 1. dan je prikaz površinskih vodotoka u slivovima Neretve i Trebišnjice s njihovom međusobnom vododijelnicom. Trasirane su državne granice, vododijelnice sliva Neretve i Cetine te Jadranskog i Crnomorskog sliva.



Slika 1. Površinski vodotoci u slivovima Neretve i Trebišnjice (Štambuk-Giljanović)

Gornji toka Neretve ima više desnih pritoka (Slatnica, Ljuta i Bijela). Nizvodno od Konjica Neretva se ulijeva u Jablaničko jezero nastalo izgradnjom brane u blizini ušća Rame. Neretve nizvodnije prima s desne strane pritoke: Kraljušnicu, Doljanku, Grabovicu, Drežanjku, Radobolju, Jasenicu, Trebižat, Norinu i Desanku.

Posebno su značajne prirodne površinske akumulacije vode, koje su se javljale svake kišne sezone na istočnoj i zapadnoj strani Neretve. Kraška polja su većinom tektonski predisponirana i uobličena djelovanjem egzogenih čimbenika i procesa (Milanović i sur. 2004.). Obično su prostranija od 100 ha, pokrivena su kvartarnim naslagama i okružena karstificiranim karbonatnim masama koje nadvisuju razine polja. Tablica 1 pokazuje prosječne količine protoka na pojedinim krškim poljima i u vodotocima za razdoblje 1926-1965. (Milanović i sur. 2004.)



Slika 2. Krška polja i ponori u slivu Trebišnjice i dijelu sliva Neretve (Hrvatske vode)

Od mnogobrojnih krških polja u slivu na desnoj strani Neretve, najvažnija su: Posuško-Virsko polje, Imotsko-Grudsko polje, Mostarsko Blato, Brotnjo polje, Ljubuško polje, Rastok, Vrgoračko polje (Jezero s rijekom Maticom), i dolina Trebižata. Na slici 1. prikazana su i Bačinska jezera, koja su tunelom vezana za Vrgoračko polje (Jezero). Vrgoračko polje je plavilo tijekom kišnih razdoblja pa su brojni ponori po rubovima polja bili aktivniji nego danas kada vode rjeđe i kraće preplavljaju polja, jer je Jezerac tunelom

vezan za Jezero, Jezero drugim tunelom za Bačinska jezera i Bačinska Jezera s morem (Pejaković i sur. 2003.). Bojenjem je utvrđena podzemna veza ovih ponora s važnim izvorom vode Klokun kod Bačinskih jezera i u Modrom oku u Delti.

Lijeva strana sliva Neretve i područje sliva Trebišnjice izgrađuju uglavnom karbonatske stijene sličnih svojstava kao i desnu. Za područje lijeve strane Neretve uzvodno od Konjica važno je Boračko Jezero. Lijeve pritoke Neretve kako slijedi: Jezerica, Duboki potok, Dobrinja, Glogošnica, Buna ($Q_{sr} = 41200$ l/s) i Bunica, koje se napajaju iz slivova Nevesinjskog i Slatog te dijela Lukovačkog polja, Bregava ($Q_{sr} = 18400$ l/s), koja nastaje od stalnog vrela Bitunja i povremenih vrela Veliki i Mali Suhović. Vrela Bregave napajaju vode iz ponora na Dabarskom, Trusinskom i dijelom Lukovačkom polju te dio voda sa Fatničkog polja (vidi Sliku 2). Vode iz slivova spomenutih krških polja sa kojih se napajaju izvorišta Bune, Bunice i Bregave, planiraju se skrenuti kanalima i tunelima prema Bileći tj. hidroelektranama na Trebišnjici u okviru projekta 'GORNJI HORIZONTI'. Realiziranje ovih planova - prevođenje voda u sliv Trebišnjice bi imalo katastrofalne posljedice za Bunu, Bunicu pa čak umiranje Bregave te štete za deltu Neretve. Krupa ($Q_{sr} = 18.000$ l/s) ulijeva se također u Neretvu nizvodno od Gabele. Osim spomenutih pritoka postoje još brojni stalni i povremeni izvori vode.

Na slici 2 i tablici 1 prikazani su podaci o slivovima s ponorima i podzemnim tokovima važnijih krških polja na lijevoj strani Neretve: Dubrave, Nevesinjsko, Dabarsko, Fatničko, Gacko, Bilečko, Ljubomirsko i Ljubinjsko polje. Trebišnjica nema površinskog toka do Neretve niti mora, pa njene vode poniru duž njenog korita do Gorice manjim i duž Mokrog i Popova polja najvećim dijelom. Obilježivačima su istraživani smjerovi voda iz ponora u slivovima Neretve i Trebišnjice prema nizvodnim izvorima (vidi Sliku 2.). Na istoj slici je dana legenda pojedinih krških pojava i oznake tih pojava s brojevima i popisom lokaliteta.

Tablica 1 - Podaci o krškim poljima na istočnoj strani Neretve

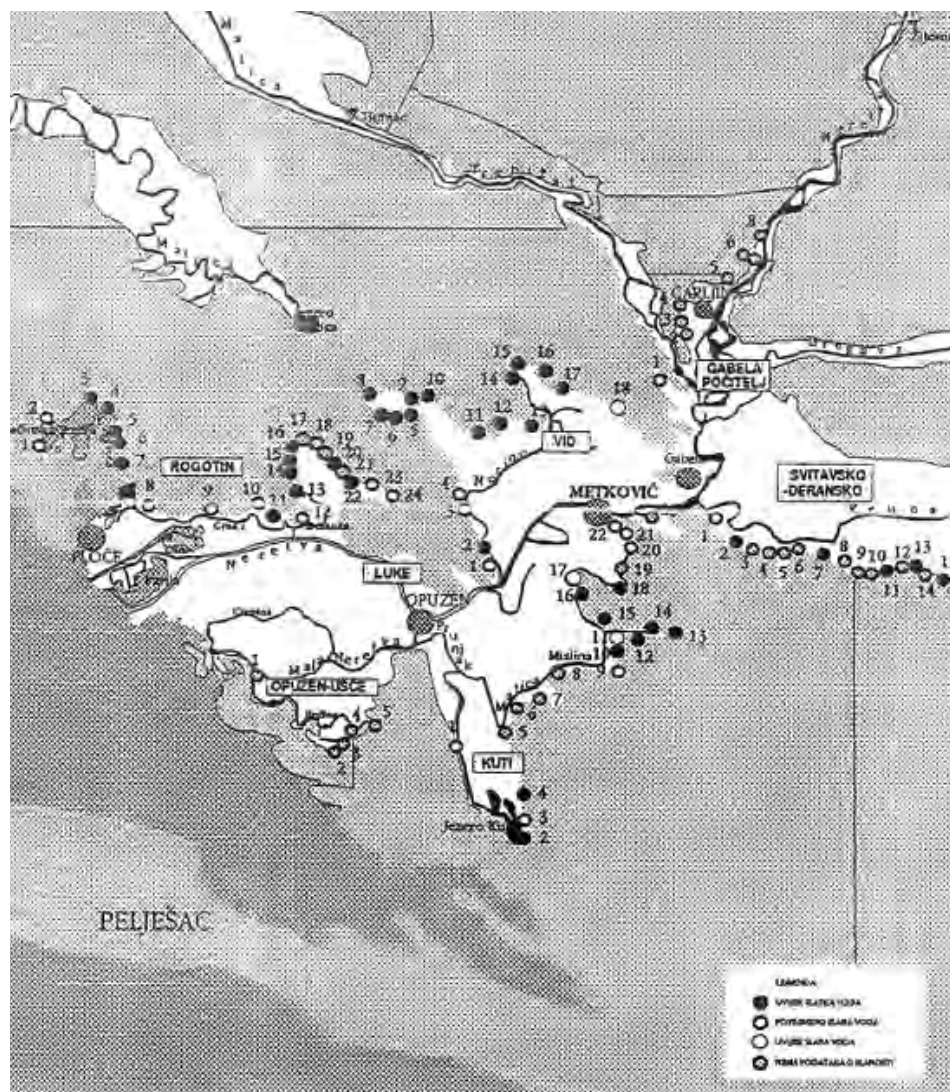
Polje	Sliv	Površina (ha)	Rijeka	Qsr. (l/s)	Kota m.n.m.	Poplave (dane/god)
Gacko	TRE		Mušnica	8000	950	
Nevesinjsko	NER		Zalomka	10800	850-900	
Slato	NER				1080	
Lukavačko	NER				950	
Cerničko	NER				850	
Dabarsko	NER	3300	Opačica		470-560	108
Fatničko	NER/TRE			9700	460-480	131
Bilečko	TRE				420	
Ljubomirsko					520	
Ljubinjsko					420	
Mokro					270	
(Grančarevo)			Trebišnjica	81000		
(Gorica)			Trebišnjica	93000		
			Bregava	18300		
Popovo polje			Trebišnjica		230	199

4.1. Izvori, kakvoća vode i kvartarne naslage u delti Neretve

Dosadašnje tehničke intervencije radi dreniranja spomenutih krških polja, uzrokovale su presušenja i/ili smanjenja izdašnosti većine vrela na rubovima Delte u odnosu na količine utvrđene 1960-tih. Ove utiske potvrđuju predstavnici lokalnih lovačkih udruga u Delti, koji izjavljuju da je izdašnost rubnih izvora u slivu Norine smanjena za 60 do 70% i u slivu Desanke i za cca 40% u odnosu na izdašnosti iz 1960-tih godina, jer su provedene značajne intervencije za odvodnju poplavnih voda kanalima i tunelima s krških polja.

Na Slici 3. označene su brojevima mikrolokacije pojedinih izvora vode u donjem toku Neretve, koji predstavljaju približne lokacije izvora grupiranih u 6 područja, kako slijedi: **GABELA-POČITELJ 8 izvora**, **područje VID-a 18 izvora**, područje **ROGOTINA 24 izvora**, **SVITAVSKO-DERANSKO područje 40 izvora**, **KUTI 23 izvora** i područje

OPUZEN-UŠĆA 15 izvora.

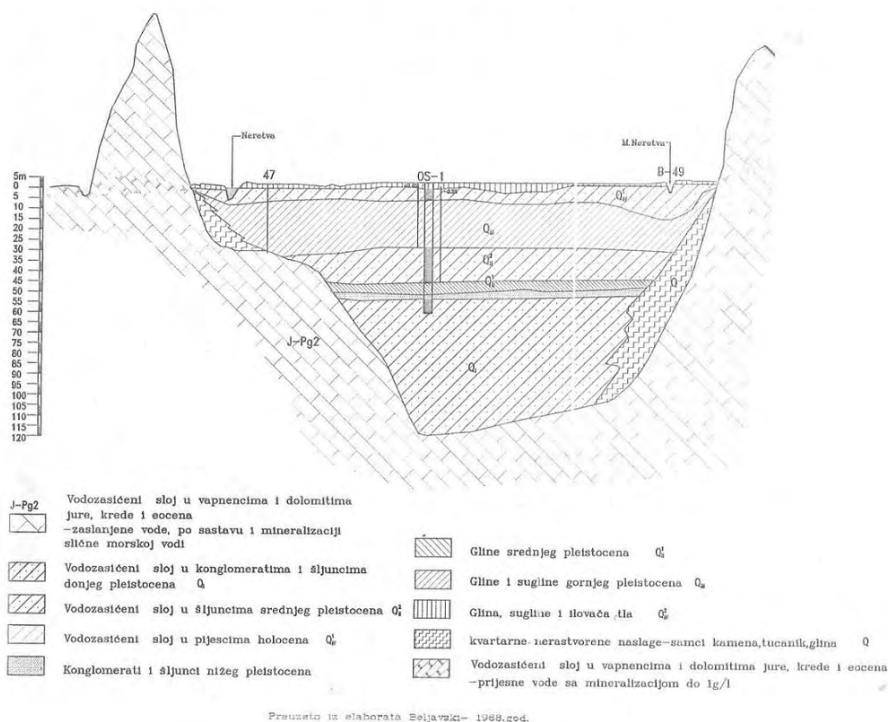


Slika 3. Prikaz položaja izvora vode u donjem toku Neretve (Hrvatske vode)

Izdašnost i kakvoću vode ovih vrela su opažale ekipe 'Jaroslav Černi' ranih 60-tih godina XX stoljeća. Tijekom lipnja 2006. stručna ekipa DZZP obišla je samo neka od ovih vrela i konstatirala veoma smanjene izdašnosti izvora u odnosu na ranije izdašnosti (Zelenika i Trenc, 2006). Izvor Prud je najveći od posjećenih vrela, a voda je zahvaćena radi vodoopskrbe Opuzena, dijela Metkovića, Pelješa, Mljeta i Korčule, a ostatak vode teče Norinskom rijekom. Istočnije od Vida je područje zaslanjenog vodotoka Glibuša, koja vrije na hercegovačkom teritoriju i slana vrela iz Slane Drage kod Crnića iz kojih voda teče u močvaru «Njivice».

Iako su izdašnosti izvora po desnom rubu Delte smanjene, ipak je ovdje više slatke vode nego na lijevoj strani pa su upravo na desnoj strani, u slivovima Norine i Desanke ostavljeno glavnih (pet) zaštićeni lokaliteti na površini od ukupno 1.620 ha (Vego i Radivić) u kategorijama ornitološkog rezervata (Pod Gredom, Prud i Orepak), ornitološko-ihitiološki rezervat (Delta Neretva), odnosno zaštićeni krajolik (Modro Oko i jezero Desne). Postoje prijedlozi da se dio vode iz Norine i Desanke transportira sifonima ispod Neretve radi navodnjavanja parcela na lijevoj strani Neretve. Najnovijim hidrogeološkim prospekcijama izvora po rubovima desne i lijeve strane Delte, potvrđena je pojava opserviranih izvora na karbonatnim stijenama i dobra kakvoća vode za navodnjavanje, ali su količine nedovoljne u vegetacijskom razdoblju usjeva (Zelenika i Trenc, 2006).

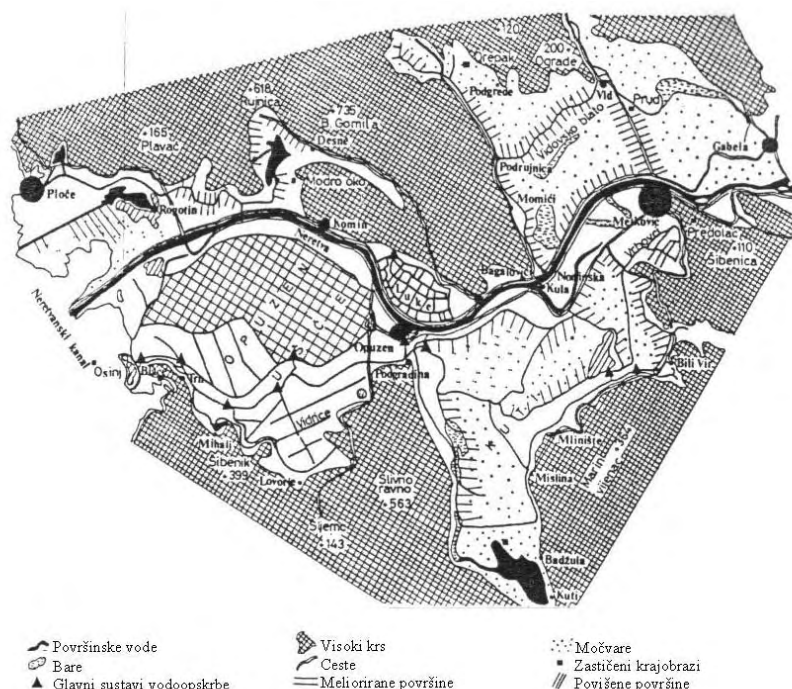
Kakvoća podzemnih voda u kvartarnim vodonosnim naslagama donjeg toka Neretve (Slika 4) nije prihvatljiva za natapanje usjeva. Kvartarne naslage u Delti, uključujući područja: između Vida i Metkovića, Kuti, Koševo, Vrbovci, analizirane su na terenu i u laboratoriju uvidom u kolekcije jezgre dobivene iz bušotina, koje su nažalost bile većinom plitke (Hrvatske vode).



Slika 4. Hidrogeološki profil područja ušća Neretve (Hrvatske vode)

Na profilu s tumačem prikazanom na slici 4 vidljiv je odnos pojedinih litoloških formacija od vodozasićenih vapnenaca i dolomita jure, krede i eocena, preko vodozasićenih slojeva konglomerata s šljuncima donjeg pleistocena, šljunaka srednjeg pleistocena, pijesaka holocena, glina srednjeg i gornjeg pleistocena do glina i ilovačastog tla.

Novija istraživanja na crpilištu vode uz korito Neretve na Gabela polju radi opskrbe pitkom vodom Neuma, imaju vrijedne rezultate o zaslanjivanju podzemne vode (Džeba i sur. 2003.). Istraživani su načini miješanja **mora i svježe** vode u površinskim tokovima te u aluvijalnim vodonosnicima. Na temelju petogodišnjih mjerenja u Neretvi, istraživanja su pokazala uslojeni tip tečenja slatke vode iznad 'klina' mora, koji se uvlači duboko uzvodno u korito rijeke. Pod utjecajem plime-oseke i dotoka s uzvodnog dijela sliva, 'klin' se pomiče uzvodno-nizvodno, te gore i dolje. Zbog ujednačenog tečenja i dosta pravilnom koritu rijeke 'klin' je pravilno raspoređen u koritu s vodoravnom razdjelnicom u poprečnom presjeku i s blagom promjenom u uzdužnom presjeku, od ušća do profila nešto uzvodnije od Metkovića (Džeba i sur. 2003.). Mjerenja na sredini rijeke u jednoj vertikali po dubini kod Opuzena pokazala su stanja zaslanjenosti u jednom ciklusu plime-oseke, gdje se jednostavno pomiče razdjelnica između blago zaslanjene (bočate) vode pri površini, i mora pri dnu rijeke. Praćeno je mjerenjima i 'uvlačenje' mora u korito rijeke. Naime, u kišnom (zimskom) razdoblju, kada su dotoci sa sliva povećani, more je potpuno istisnuto iz korita rijeke. Krajem proljeća i početkom ljeta dotok sa sliva se smanjuje da bi sredinom, te krajem ljeta pao dotok na minimalnu količinu, gdje je veliki utjecaj režima rada uzvodnih hidroelektrana. Pri dotoku vode sa sliva od 50 m³/s, rijeka se u potpunosti zaslani (Džeba i sur. 2003.). Rezultati ovih istraživanja daju dobru podlogu za izvedbu jedne fleksibilne brane u (dubokom) koritu Neretve na adekvatnom profilu uz osiguranje prirodne migracije riba i za potrebu povećanja otoka vode.



Slika 5. Prikaz melioriranih područja u Delti (M.Glamuzina i sur.,2000)

Na slici 5 vidljiva su područja na kojima je provedena melioracija u Delti. Na područje Luke je kvalitetna voda za natapanje dovedena cjevovodom iz izvora Modro Oko. Taj cjevovod je 90-tih godina prošlog stoljeća iskorišten za instaliranje komunikacijskih kablova pa je natapanje uzgojenih mandarina prepušteno uglavnom prirodnoj kiši kao i na većini drugih parcela u Delti. Ni na području Vid-Norin nisu dovršene melioracije, jer su teškoće s opskrbom vode za navodnjavanje. Na desnoj strani Neretve postoje 2 značajne rijeke i manja meliorirana površina nego na lijevoj strani Delte. Uzorci vode analizirani na svim izvorima na rubovima Delte tijekom lipnju 2006. sadržavali su manje od 500 mg/l minerala, a ukupna izdašnost izvora na desnoj strani je bila višestruko veća nego na lijevoj strani. Ipak, riječima lokalnih lovaca, upravo 2006. godine u rijeci Norini kod Momića ulovljena je po prvi put morska riba (lubini). Ta pojava je vjerojatno posljedica produbljenja korita Norine od Kule Norinske do Momića 2004/05. godine.

4.2. Nanosi u Delti

Stručno predavanje o hidromelioracijama u donjem toku Neretve održano 27/06/06. u Hrvatskim vodama u Zagrebu, odnosilo se uglavnom na problematiku navodnjavanja. Tom prilikom je spomenuto slijeganje tla u Delti za cca 0,5 m bez elaboriranja uzroka tog slijeganja, koje se vjerojatno odnosi na razgradnju organskog tla (treset), izostanak sedimenata iz riječnog nanosa i nekih drugih procesa u tlu koje se intenzivno događaju pri uzgoju poljoprivrednih usjeva. Snižavanje razine tla u Delti uvjetuje veće troškove crpljenja vode iz drenažnih kanala i njenog transportiranja preko nasipa u Neretvu te troškove za dodatnu zaštitu od zaslanjenja tla. Zadržavanje glavnine riječnog nanosa u akumulacijama uzvodnih hidroelektrana na Neretvi i eksploatacija šljunka iz korita Neretve na području Čapljine za potrebe građevinarstva uzrokuju izostanak riječnog nanosa u Delti.

Međunarodni prognostičari očekuju porast razina morske vode na ušću Neretve za približno 0,5 m zbog promjena klime, topljenja vječitih ledenjaka i povećanja obujma slanih voda u narednih 40-tak godina. Zato se preporučuje nadležnim vodoprivrednim institucijama, općinskim, županijskim državnim vlastima, djelotvorna zaštita vrijednog prostora Donje Neretve koncipiranjem i usvajanjem ekološki najpovoljnijih prostornih planova. Osim izgradnje nužnih nasipa na adekvatnim trasama, preporučuje se redovito plavljenje čim većih površina Delte mutnim vodama, koje će omogućiti sedimentaciju višestruko korisnih riječnih nanosa u Delti.

Svaka od hidroelektrana u slivu ima projektom predviđenu tehnologiju i dinamiku uklanjanja taložina iz svojih akumulacija radi zaštite korisnih akumulacijskih prostora za vodu. Kako se odredbe projekata glede uklanjanja taložina iz akumulacijskih jezera ne prakticiraju, preporučuje se proučavanje postojećih tehničkih rješenja, dinamike uklanjanja taložina i uočenih teškoća u realiziranju projekata na svakoj od akumulacija pa koncipiranje dodatnih mjera respektirajući interese elektrana i nizvodnih korisnika vode i nanosa. Novi, poboljšani, usuglašen i usvojen dinamički program ispuštanja taloga kroz svaku od brana

i transport nanosa (taložina) koritom prema ušću Neretve trebao bi osigurati Delti nužan nanos, koji je desetljećima izostajao i prouzročio značajne štete.

Kako su zatvoreni raniji ispusti (tuneli) za poplavne vode s nanosom u nasipima izvedenim radi regulacije Neretve, projektanti melioracije trebaju sudjelovati u analizi i korigiranju tehničkih rješenja uklanjanja taložina iz akumulacijskih jezera, koncipirati tehnički izvedivo i ekonomično rješenje distribuiranja nanosa u Delti. Tako bi se nanos trebao redovito transportirati u Deltu prema dinamičkom planu utvrđenom korekcijom dinamike i načina čišćenja danih u projektima pojedinih uzvodnih akumulacija.

5. KOMENTARI I PREPORUKE

Hrvatske vode u donjem i Jadranski sliv u gornjem toku Neretve, upravljaju vodama u smislu važećih zakona i propisa. Njihovo upravljanje ne ostvaruje zahtjeve Agende 21, koja preporučuje delegiranje upravljanja vodnim resursima na najniži nivo, uključujući decentralizaciju vladinih službi u susret lokalnim vlastima, privatnim poduzećima i udrugama korisnika vode. Zato se preporučuje osnivanje relevantnih udruga svakog od sektora djelatnog i pravičnog korištenja vode i zaštite Delte. Samo pregovorima predstavnika udruga svih korisnika mogu se zaštititi njihovi pravični interesi, okoliš i održiv razvitak u Delti. Za detaljne pregovore o pravičnoj raspodjeli prirodnih vodenih potencijala u slivu, potrebni su detaljni kvalitetni podaci i stručne analize o potrebama svakog od korisnika vode u Delti i koncipirati adekvatne dokumente (ugovore) o pravičnoj raspodjeli vodnih potencijala korisnicima. Treba koncipirati i ulogu djelatovne inspekcije, koja treba osigurati pravično realiziranje konsenzusom potvrđenih ugovora o korištenju voda i zdanih usuglašenih vodoprivrednih suglasnosti.

Udruga djelatnika u poljoprivredi (agronoma) treba definirati i štititi interese trajno održive rentabilne poljoprivredne proizvodnje bez ugrožavanja okoliša, prometa, ribolova, lova, turizma i drugih korisnika prostora, vode, tla i drugih sadržaja u Delti. Ova Udruga poljoprivrednika treba se hitno razviti u AGRO-KORPORACIJU (Steenbergen, 2006) sa stručnom i aktivnom upravom, projektantima za rješenje pitanja navodnjavanja, odvodnje, potreba i osiguravanja nanosa, redoslijeda usjeva na pojedinim područjima/parcelama i sl. Njihovi projektanti će racionalno dimenzionirati crpne stanice, dovode potrebnih količina vode i nanosa, drenažne i druge potrebne objekte.

Treba isto tako osnovati relevantne udruge djelatnika zaštite okoliša, riječnog prometa, lova, ribolova, turizma i drugih korisnika prostora, vode i tla u Delti, koje će definirati svoje potrebe i za njih se boriti bez ugrožavanja drugih. Predstavnici udruga za poljoprivredu, turizam, ribolov, lov i drugi korisnici vode i prostora u Delti moraju sadržajno i učinkovito pregovarati i postići pravičan međusobni sporazum (Ugovor) s udrugama na području Rastoka, Vrgoračkog polja, Popovog polja te s predstavnicima, Hrvatskih voda (Split), Jadranskog sliva (Mostar), Elektroprivrede (Trebinje, Mostar, Sarajevo i Dubrovnik).

Pravedno pregovaranje o integralnom gospodarenju vodama i osiguranje vode za održiv razvoj, poljoprivrede, ribarstva, vodoopskrbe, turizma, elektroprivrede, riječnog prometa, industrije te korisnika vode za: očuvanje prirodnih krajolika, sport, rekreaciju, lov, znanstvena i stručna istraživanja glede planiranja uporabe prostora i održivog razvoja racionalnim korištenjem, zaštitom voda i zaštitom od voda, kako zahtijeva direktiva o vodama EU (WFD) od svih europskih zemalja.

Kako je došlo već do značajnih šteta privrednim odlikama okoliša donje Neretve zbog spomenutog antropogenog djelovanja, nužna je adekvatna zaštita. Proglašenje odgovarajućeg stupnja zaštite Delte može osigurati nužnu stručnu i financijsku pomoć od domaćih i međunarodnih institucija za djelotvornu zaštitu okoliša uz zakonsku podlogu održivom razvoju. Treba preispitati i prioritete korištenja vode i prostora. U Engleskoj se na pr. u posljednje vrijeme favorizira zadovoljavanje potreba vode za rekreacije i čuvanje prirodnog okoliša na podnošljivu štetu nekih drugih sektora, riječnog prometa posebno.

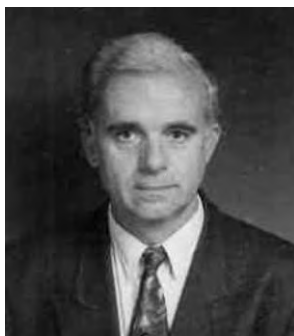
Hidroelektrane imaju zastarjele vodoprivredne suglasnosti glede minimalnih protjecanja vode na branama i projektiranu tehnologiju zaštite akumulacijskih prostora od zapunjavanja nanosima. Odredbe dobivenih suglasnosti o minimalnim količinama vode i projektirane dinamike uklanjanja taložina iz akumulacijskih jezera ne prakticiraju se striktno pa se preporučuje njihova revizija uz sudjelovanje i respektiranje interesa nizvodnih korisnika vode, nanosa. Projektanti melioracija u Delti trebaju u suglasnosti s udrugama poljoprivrednika i drugih korisnika vode, koncipirati tehnički izvedivo i ekonomično distribuiranje nanosa u Delti, sukladno takvoj dinamici ispuštanja taloga kroz brane i riječni transport nanosa koritom prema Delti. Pored poboljšanog koncepta režima dotoka potrebnih količina nanosa u Deltu, nužno je povećati i sadašnje minimalne protoke vode Neretvom u Metkoviću, Trebišnjici na prirodnim ponorima na Popovom polju, Norine u Kuli Norinskoj i Desanke u Banji.

Potrebno je provesti dodatne i mjere adekvatne zaštite prostora i tla, razina i kakvoće površinskih i podzemnih voda, očuvanja močvara od novih biljaka (ševar) i od drugih pojava koje ugrožavaju prirodni okoliš u Delti. Treba osigurati duže trajanje poplava na polju Rastoki, Vrgoračkom polju, Nevesinjskom, Slate, Fatničkom i Popovom polju, kako bi se osiguralo adekvatno napajanje nizvodnih jama s vrijednim staništima podzemne faune i flore te izvora u slivovima Bune i Bunice, Bregave, Krupe, Misline, Male Neretve, Norine i Desanke respektirajući vrijednosti protoka vode izmjenjenih 1963. po ekipama 'Jaroslav Černi'.

POPIS KORIŠTENE LITERATURE

- Džeba, T., Vranješ, M., Prskalo, M., Jović, V. i Šestanović, S. (2003):** Zaslanjenje vodonosnika Gabela polje, Zbornik radova sa Simpozija – Voda u kršu slivova Cetine, Neretve i Trebišnjice, Neum, str. 399-410
- Glamuzina, B. i Glamuzina, M. (2001):** Management of the Neretva river estuary: past and future of a rich fragile natural heritage, *Nase more* 48(5-6)
- Glamuzina, M., Šiljković, Ž. i Mamut, M. (2000):** Modern transformation in the Area of Coastal Neretva Delta Under the Influence of Melioration and Hydrotechnical Intervention, *Period.biol.* Vol.102, pg 137-145.
- Knežević, B. (2004):** Integralno upravljanje vodnim resursima u riječnom bazenu Trebišnjice, Referat podnesen na Okruglom stolu u Trebinju na temu: Hidroenergetsko korištenje voda u riječnom bazenu Trebišnjice-važan dio integralnog upravljanja njegovim vodnim resursima
- Margeta, J. i Fistanić, I. (2000):** Gospodarenje sustavom i monitoring bazena rijeke Neretve, *Građevinar* 52.6. 331-338.
- Milanović, P., Jakanović, V. i Milićević, M. (2004):** Prirodne karakteristike riječnog bazena Trebišnjice, Referat podnesen na Okruglom stolu u Trebinju na temu: Hidroenergetsko korištenje voda u riječnom bazenu Trebišnjice-važan dio integralnog upravljanja njegovim vodnim resursima
- Mišetić, S. i sur. (2005):** Integralno upravljanje ekosustavom riječnog bazena Neretve i Trebišnjice, Studija, Elektroprojekt Zagreb
- Pejaković, B., Barbarić, Ž. i Glavaš, B. (2003):** Hidromelioracijsko uređenje krških polja u slivu rijeke Trebižat, Zbornik radova sa Simpozija – Voda u kršu slivova Cetine, Neretve i Trebišnjice, Neum, str. 613-626
- Teenbergen, van F. (2006):** Promoting local management in groundwater, *Hydrogeological Journal* 14, pg. 380-391
- Štambuk-Giljanović, N. (1998):** Vode Neretve i njezina porječja, Split
- Vego, J. i Radović, J. (2002):** Donja Neretva – Prekogranično močvarno područje, 'Novosti' – Istraživačka djelatnost, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru
- Zelenika, M. i Trenc, N. (2006):** Izvješće o izdašnostima i kakvoći izvorišnih voda u Delti, Arhiva DZZP Zagreb.
- Hrvatske vode** – Ured Opuzen - pričuva tehničke dokumentacije

SJEĆANJA



IN MEMORIAM

**VLATKO CRNJAC dipl. ing. rud.
(17.10.1940. – 10.05.2008.)**

Vlatko Crnjac, dipl. ing. rud., rođen je 17. 10. 1940. godine, u burna predratna vremena, kada nikomu nije bilo lako, a posebno brojnoj seljačkoj težačkoj obitelji. Otac Ivan i majka Dana (Danica) rođena Cigić. Rođen je u općini Široki Brijeg, regiji koju je čekalo toliko čemera i stradanja dolaskom skorog rata, a posebno poslije njega. Otac mu umire vrlo rano, kada je Vlatku bilo 10 godina a četiri brata i majka ostali su živjeti skromno, istinski vezani za zemlju i školu. Vrlo rano Vlatko postade težak i uzdanica svoje majke udovice, kao i mnogi njegovi vršnjaci. Bio je istinski težak po poslu u polju, iako još gotovo dijete, ali i u školi. Vrstan kosac, poslušni sin majke udovice, izvrstan đak, najbolji matematičar u generaciji ... Same izvrsnosti, od polja do škole, od seljačke kose do matematičke funkcije.

Maturirao je 1961. godine i potražio svoj životni poziv u svijetu koji mu, kao širokobriježaninu, nije bio sklon. Ali je naš Vlado jasno osjećao poziv kome je s ponosom ostao vjeran cijeli svoj život. Okrenut zemlji, koja je cijelu njegovu obitelj hranila i čuvala za teških vremena siromaštva, odlučio joj je uzvratiti ljubav, postavši neumorni istražitelj njenih dubina, u pozivu kome se nepodijeljeno posvetio. Upisao je studij na Rudarsko - Geološkom fakultetu u Tuzli, ostavši tako cijeli život tijesno povezan s onom koja je poslijeratnoj sirotinji bila jedina nada u prehranjivanju brojnih obitelji, s našom Zemljom, ili kako mi to hercegovci kažemo, s našim kamenjarom.

Diplomirao je 1967. godine, opet među najboljim studentima. Od trenutka diplomiranja, pa do časa predaje Zemlji na vječni počinak i čekanje Dana Gospodinova kome je cijeli svoj život živio na poseban i samozatajan način, Vlatko kao da vraća ljubav Zemlji, onoj koja se, uz Velikoga Boga, za njegovu brojnu obitelj jedino skrbila. On prodire u dubine hercegovačke zemlje, točnije njenog kamenjara, izvlačeći iz nje crveno zlato, opet za kakvo takvo preživljavanje brojnih težaka, koji su u ta nesklona vremena tu

nalazili životnu zavjetrinu i priliku prehraniti obitelj. K tomu taj posao je iskreno i duboko volio, toliko volio da ga je smatrao posebnom čašću, pokazujući time što znači imati iskreni poziv za svagdašnji posao. Svima nam je u tome bio primjer.

Posao započinje u Rudnicima boksita Hercegovine i tu praktično ostaje cijeli radni vijek. Prvo zaposlenje je u Čitluku, potom u rodnom Širokom. Iza toga prelazi u Geološka istraživanja Mostar. Tijekom domovinskog rata ima radnu obvezu u Geološkim istraživanja, zatim prelazi u obnovljeno poduzeće Aluminij Mostar, gdje u tehničkom sektoru radi kao glavni tehnolog do umirovljenja.

Svijet izvrsnosti u koji je ušao Vlatko još kao gimnazijalac i vrsni matematičar, kao uzdanica i težačka nada svoje majke udovice, ostao je cijelog života njegov svijet. Počinje raditi kao smjenski inženjer na rudniku, potom upravitelj proizvodnog pogona te tehnički direktor Rudnika boksita u Širokom Brijegu, poslije tehnički direktor Geoloških istraživanja i glavni tehnolog tehničkog sektora Aluminijskog poduzeća u Mostaru. Priznat i tražen stručnjak, poštovan i voljen od svojih kolega, posebno mlađih koji su u njemu nalazili više od učitelja teškom i opasnom poslu, ali i od starijih koji su znali prepoznati i cijeniti zaista rijetku odanost pozivu. Motornu snagu u svom životu, nalazio je u svojoj jednostavnoj ali dubokoj vjeri, svojoj obitelji i iskrenoj ljubavi prema pozivu koga je sam odabrao. Ali, mu sve to nije bilo lako, pogotovo što nije bio član tadašnje Partije a jeste Matice hrvatske, i to gotovo cijelog svog života.

Oženio se Ljiljanom, rođena Ćavar, i Bog im podaruje dvoje djece: Antonija (Tonija) i Antoniju (Nina). Antonija zasniva brak sa Draženom Rotimom, doktorom stomatologije. Najviše snage u svom ne lakom životu, kada je trebalo plivati protivno matici općeg ljudskog dodvoravanja, crpi baš u svojoj obitelji.

Iznad svega Vlado je volio svoju suprugu, svoga Toniju i Ninu, znajući u ljubavi biti pravedan koliko i u svom poslu.

Još prije umirovljenja dok je radio u Aluminiju, teška bolest ga veže za krevet ali radni kolektiv i svoje kolege nikada nije zaboravljao. Ni oni njega. Pogotovo kada je trebalo priskočiti u pomoć za vrijeme kompliciranog i zahtjevnog liječenja. Hvala vam svima.

U svom plodonosnom životu dao je mnogo, te ostavio neizbrisivi trag na svojim prijateljima i ljudima s kojima je radio. Svjedokom sam kako je i u najtežim časovima svoje teške bolesti, prijatelje nazivao brižan za njihove probleme, a tek na kraju bi po koju škrtu rekao i o svojoj bolesti uvijek završavajući kako će biti dobro. Osim Boga i svoje obitelji, ljubav je nesebično dijelio svom pozivu, svojim prijateljima i svojoj Matici hrvatskoj u koju se učlanio, prema raspoloživim podacima još 1959. godine, s devetnaest godina života. I nikada nije prestao biti, ni na papiru ni u srcu.

S jednakim žarom je bio jednim od osnivača i gorljivim članom Hrvatskog Rudarsko-geološkog društva.

Zato poslije onoga SRETNOSTI koje si ne samo volio već i živio, kažemo ti još jedno HVALA za sve što si učinio za nas i POČIVAJ U ZASLUŽENOM VJEČNOM MIRU BOŽJEM!

PRIKAZ KNJIGE

Prof. dr. sc. Pero Marijanović
Građevinski fakultet, Sveučilište u Mostaru

GEOSTATISTIKA KRŠA DINARIDA



Numeričke analize predstavljaju trend u znanstvenim istraživanjima danas. Možda bi se čak moglo konstatirati kako su ponekada i pretjerane i kako nalikuju jedne drugima pa i kada se radi o potpuno različitim znanstvenim oblastima.

Međutim, u svijetu razvijenoga krša, odnosno u svijetu *vode i kamena*, na „igru brojeva“ bi mogli gledati kao na svojevrsnu *numeričku poeziju* o tom čudesnom Božjem djelu koje nam je pred očima ali ga ipak, u punini svoje savršenosti, često vidimo samo zahvaljujući upravo toj poeziji.

Krš i njegova vječita *mijena* izazvana geološkim procesima te, posebice, zemljinom *egzodinamikom*, izvorom je stalnih promatranja i mjerenja koja ne samo da trebaju numeričku analizu, već su počesto one i jedini način da se otkriju skrivene zakonitosti po kojima se te mijene upravljaju. Bilo da je riječ o njegovoj općoj formi, pojedinačnim oblicima unutar njegove morfologije, produktima raspadanja stijena u sve sitnije komade i zrna, njezina ispucanosti, poroznosti i slično.

Sve su to pojave koje obiluju rezultatima mjerenja ili samo promatranja. Pritom vjerujemo kako naš skup izmjerenih podataka u sebi nosi poruku o cjelini iz koje je uzet, te ju je samo potrebno na znanstven način *izlučiti* i podastrijeti kao znanstvenu istinu. Taj posao nije lagan, ma koliko se danas raspolagalo sa relevantnim znanstvenim metodama i nezamislivo brzom tehnikom računanja. Istraživača uvijek prati pitanje: Je li statistički skup kojim raspolaže, svojom matematičkom nutrinom „zakačio“ baš ono što bi on želio ispitati?

Tom poslu nikako ne pogoduje baš to pretjerano oslanjanje na tehniku i automatiku znanstvenih istraživanja, prepušteno logici strojeva i suhoparnih numeričkih procedura, te lišeno čovjeka i njegovoga logičnog prosuđivanja. A opet, ako je čovjek taj koji jedino prosuđuje, tada lako odluta u avanturu čak samo podsvjesnog potvrđivanja svojih unaprijedih želja ili slutnji. Ali, taj put na tome ne završava, on vodi u svijet znanstvenog senzacionalizma ito pod svaku cijenu, odakle povratka više uopće nema, ili je on vrlo težak.

Međutim, diktat strojeva i procedura sve je jači i čovjek sve više ostaje po strani, primjerice poput djeteta koje čeka pred aparatom da mu ono pripremi sladoled. Uzme ga potom, plati te rekne hvala.

Već danas možemo takav odnos prema znanstvenim istraživanjima nazvati *stranputicom*, zabludom, odnosno prepuštanjem lagodnim znanstvenim istraživanjima, lišenih truda a često opterećenih željom za senzacijama, pa ma koliko se one uspjele održati na pregrijanom medijskom nebu suvremenog svijeta.

Prikupljeni numerički uzorci za neku pojavu vrlo su često pod snažnim utjecajem *namjernog* izbora, pa čak i kada to istraživač svjesno ne želi ali se nije dovoljno ni potrudio da se osigura od takve mogućnosti. Ponekada to čini i namjerno, jer autor ili traga za senzacijom kratkog roka trajanja ili želi potvrditi neki ranije doneseni zaključak. Ali, govoreći potpuno iskreno, samo taj mali kutak nestašluka jedino mu je i preostao u tehnologiji istraživanja koja je sve zatvorenija u strujnim kolima i nevidljivim računalnim procedurama.

Praksa pokazuje kako je numerička analiza u svijetu krša vrlo često opterećena baš takvim pogreškama, namjernim ili ne namjernim, ali i kako je iznimno osjetljiva na njih, jer mogu dovesti do potpuno oprečnih zaključaka.

Masovnost pojave i relativno složen postupak mjerenja u „svijetu krša“ sili na dosljedno prihvaćanje principa *slučajnosti* kao jedino kadroga očuvati rezultate analize u granicama prihvatljive objektivnosti. Praktično rješenje toga principa unaprijed je planirana regularna mreža prikupljanja podataka, lišena svakoga čovjekovog kasnijeg namjernog izbora.

Takvi podaci se slijevaju u baze podataka, one „prave“ kao i one improvizirane (sekvencijalne datoteke) te se statistička analiza nameće kao nužnost, prije nego neka smišljena odluka istraživača. U takvim brojnim skupovima istraživač će rijetko prepoznati neku zakonitost „od oka“, te će ga statistička analiza tek uvesti u bit problema. Tim i takvim analizama on će isprva „rudariti“ po poljima varijabli, tražeći nešto što je unaprijed zamislio ili ono što će „u hodu“ prepoznati kao vrijedno. Tek će poslije doći one ključne odluke temeljene na rezultatima ove prve, rekli bismo avanturističke faze istraživanja, koja će konačno čitav projekt usmjeriti u dobrom pravcu.

Zahvaljujući takvim analizama i globalnim zaključcima koji će iz njih neminovno proisteci, i krš će kao prirodni fenomen početi izranjati iz svoje tromosti i prividne nezanimljivosti. Pokazati će se fenomenom duboko složenim ali s jasnim pravilima svoga pojavljivanja i razvijanja. S takvim zaključcima početi će rasti i izvjesni dinamizam i kao da se pred istraživačem odvija drama koja, može se tako reći, prati povijest razvoja krša, mnogo više već bi se to isprva moglo i pretpostaviti. Istraživač će se osjećati kao netko tko je slučajno uvučen u zanimljivi ali tajnoviti događaj ali je tu priču brzo zavolio, ito sve više kako vrijeme odmiče i taj će ga osjećaj pratiti do kraja.

Iskusnijeg istraživača već analiza *razdiobe* (histograma) uvesti će u samo težište zbivanja, dajući mu naslutiti sve ono što i jest bit procesa u čijem središtu je kamen i voda, ito kroz dugo geološko vrijeme, viđeni očima brojeva. On će naslutiti, ako ne i potpuno shvatiti, temeljne prirodne zakonitosti oko kojih

se vrti, reklo bi se u nekim naoko kaotičnim krugovima, život neke krške forme. Takva zakonitost će držati procese u kršu i njihove posljedice uvijek na okupu poput kakve skrivene koherentne sile, sigurno ih prevodeći iz jednog razvojnog ciklusa u drugi.

Kada se tako naslućene zakonitosti podvrgnu detaljnijoj analizi, otkriva se svijet *prostorne korelacije* u polju osnovne varijable. Za to su potrebni *geostatistički* znanstveni alati, a njihov zajednički pogled u taj svijet može se slobodno nazvati „pogledom pod računalom“. Tada djelo vode u kamenu izranja u najljepšu sliku koja čovjeka rijetko ostavlja ravnodušnim

Knjiga ima nekoliko ciljeva. Prvo, pružiti još jedan znanstveni pogled na svijet krša oko nas. Potom olakšati i učiniti efikasnijima buduća istraživanja za potrebe geologije, rudarstva i graditeljstva, jer će im se unaprijed sugerirati kako bi mogao izgledati njihov konačni istraživački rezultat. Ali, ne zbog toga da ga prihvate po svaku cijenu već samo da im osigura nužnu orijentaciju u rješavanju složenog znanstveno - stručnog problema.

No, najvažniji učinak knjiga želi postići u nama samima, kada je u pitanju naš odnos prema svijetu kamena oko nas. Pokazujući nam znanstvenu istinu o tome svijetu, mi bi se trebali promijeniti a s nama i naši postupci. Svijet kamena to nikada neće učiniti poradi nas. Taj svijet nije tu radi naših avantura ili smetlišta suvremene neuviđavne civilizacije!

Jedan od ciljeva ove knjige jest i pobuđivanje znanstvenog interesa prema svijetu kamena i vode, koji bi nas trebao dovesti do ideje o uspostavi jedinstvenog *katastra morfoloških oblika Dinarida*. Mi bi tada možda mogli konačno shvatiti kako taj svijet nije tu poradi naših deponija smeća, onih znanih i nezvanih, već mu je smisao dublji i teško dokučiv ali jasno uzročno i posljedično povezan sa našim preživljavanjem na planetu Zemlja [8].

Zahvaljujem svima koji su mi pomogli u pisanju, pregledavanju i tiskanju ove knjige. Njihova imena upisao sam na naslovnu stranicu knjige. Posebna zahvalnost mojoj obitelji na strpljivosti te gđi Aneli Čolak, profesorici matematike, koja je pregledala matematičku sintaksu u knjizi te dala niz savjeta i ispravaka. Posebnu zahvalnost dugujem i gosp. Vinku Bilopavloviću, dipl. geologu, koji je pregledao sadržaj knjige posebno s geološkog gledišta, te također dao niz korisnih sugestija.

Pero Marijanović

Mostar, srpanj 2008.

PRIKAZ KNJIGE

Doc. dr. sc. Maja Prskalo
Građevinski fakultet, Sveučilište u Mostaru



GEOMEHANIČKE ODLIKE BLIDINJSKE SINKLINALE U FUNKCIJI GEOLOŠKOG NASTANKA PROSTORA

Izradu ove knjige je prethodilo moje veliko zanimanje za fenomen glacijala i fluvioglacijala na našim prostorima, posebice s aspekta geomehaničke građe i njegovih svojstava. Na Okruglom stolu održanom 28.11.2007. godine u Mostaru na temu: *GLACIJAL BOSNE I HERCEGOVINE - istraživanje, vrjednovanje i zaštita* čiji sam bila jedan od organizatora željelo se upoznati našu širu javnost o ovim zanimljivim geološkim, geomehaničkim i geomorfološkim fenomenima, koji velikim dijelom čine našu geološku baštinu.

Cilj moje teze je uspostava korelacijske veze parametara sedimentacijskog prostora, egzodinamičkih procesa i opće geomehaničke slike karakteristika prostora, odnosno funkcijski odnos zatečenih geomehaničkih parametara tla i njegovog geološkog postanka.

Tijekom rada na knjizi uvidjelo se kako je previše čimbenika u «igri» te kako bi bilo preobilno sa svima njima se detaljno baviti. Svoja istraživanja fokusirala sam na samo one najvažnije, prije svega na fenomen oblika zrna i građu glacijala i fluvioglacijala. Nastojala sam cilj realizirati sveobuhvatno, svestranom analizom problema i efikasnom sintezom zaključaka. Koristila sam metode terenskog rekognosciranja, terenske istražne radove, suvremene geofizičke metode, metode klasifikacije tla i stijena, istražno bušenje, terenske opite na stijenama i tlu, laboratorijske geomehaničke i petrografske analize uzoraka. Tako sam prikupila i organizirala značajnu bazu podataka o nekim našim glacijalima i fluvioglacijalima a sve u nastojanju proniknuti u tajnu njihova nastanka i prostornog geomehaničkog organiziranja u one prelijepe morfološke oblike, koje često pamtimo cijelog života kada ih jednom otkrijemo.

Bazu podataka sam analizirala u kabinetskim uvjetima dopunjavajući se podacima iz prikupljene literature i Interneta. Koristila sam moderne statističke postupke, postupke Teorije Regionalizirane vari-

jable (geostatistike) te primjenu fuzzy logike. Na raspolaganju mi je bio najsuvremeniji SPSS softver za statističku obradu podataka kao i softverski program MATLAB 7 kojim sam testirala rezultate dobivene primjenom fuzzy metodologije kao i rezultati geofizičkih terenskih ispitivanja obrađene u softveru IPI2WIN.

Rad je koncipiran tako da mu uvod i zaključci predstavljaju svojevrsan sinopsis djela. U smislu organizacije, sve važnije činjenice do kojih sam došla istražujući na ovoj temi tiskala sam u ovom radu, a baze podataka i druge manje bitne činjenice sam priložila u elektronskoj verziji u svojoj doktorskoj disertaciji. Na taj način se sve moje analize mogu ponoviti i tako uvjeriti u njihovu ispravnost. Željela sam također podatke ostaviti na jednom mjestu kako bi se istraživanja mogla i nastaviti.

Knjiga ima šest poglavlja. Prvo poglavlje pod naslovom *Uvod* sadrži općeniti dio i kratki prikaz rada. U drugom poglavlju, naslova *Opis postanka glacijalnih područja*, obrađen je fenomen glacijacije općenito. Treće poglavlje *Glacijal u Bosni i Hercegovini* daje opis egzodinamičkih procesa na Blidinju te program istražnih radova sa rezultatima. U četvrtom poglavlju *Rezultati mjerenja* su analizirani rezultati mjerenja in situ i laboratoriju sa primjenom variografskih rješenja. Peto poglavlje naziva *Primjena fuzzy logike u određivanju parametra tla* primjenjena je fuzzy metodologija određivanja osnovnih geomehaničkih parametara tla korištenjem programa Matlab. U šestom poglavlju dani su zaključci i preporuke za daljnja istraživanja. Rad je opremljen i sa dodatnim prilogima i kazalom pojmova.

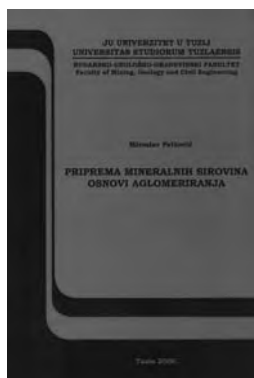
Zahvaljujem svima koji su pomogli u izradi ove knjige, posebice recenzentima prof. Dr. Peri Marijanoviću, prof. Dr. Tomislavu Ivankoviću, prof.dr. Zlatku Langofu i Prof dr. Ivi Čolaku ujedno i lektoru ove knjige. Posebnu zahvalnost dugujem Elektroprivredi u mojim terenskim istraživanjima, Upravi PP Blidinje, poduzeću Geomarić iz Mostara, prof. Slobodanu Jevremoviću za geofizička istraživanja, gđi Anđi Bošković sa Instituta građevinarstva Hrvatske iz Zagreba za laboratorijska mjerenja i mr.sc. Amiri Galić koja je dala niz korisnih sugestija posebno s geološkog stajališta.

Maja Prskalo

Mostar, prosinac 2008. godine

PRIKAZ KNJIGE

Dr. sc. Miroslav Petrović, dipl. ing. rud. izvanredni profesor Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta Univerziteta u Tuzli autor udžbenika namijenjenog Studentima rudarskog i geološkog fakulteta.



PRIPREMA MINERALNIH SIROVINA OSNOVE AGLOMERIRANJA

Knjiga Dr. sc. Miroslava Petrovića izvanrednog profesora predstavlja još jedan vrjedan udžbenik namijenjen studentima RG-ih fakulteta kao pomoć u studiju predmeta Priprema mineralnih sirovina. >Osnove aglomeriranja< obrađene su na primjeru ugljena i željezne rude kroz slijedeća poglavlja:

- I. Teorijske osnove aglomeriranja (nagomilavanje - zbijanje- zgrudati sitniš)
- II. Briketiranje (stlačivanje - (zbijati rudnu prašinu u oblik opeke)
- III. Pelitiziranje - (rudni sitniš zgrudati u jajasti oblik)
- IV. Sinteriranje - (Stapanje rudnog sitniša u čvrstu masu grijanjem bez talenja).

Recenzenti knjige Dr. sci. Božo Tomić, redovni profesor i Dr. sci. Sadudin Hodžić, redovni profesor, utvrdili su da sadržaj knjige je prilagođen "Nastavnom programu RGG fakulteta u Tuzli" za predmet >Priprema mineralnih sirovina<, koji je novim nastavnim planom podjeljen na dva jednosemestralna predmeta I i II. Uz to autor knjige sustavno i obimno obrađuje tehničku i tehnološku problematiku aglomeriranja mineralnih sirovina na primjerima ugljena i željezne rude.

Autor ovog djela, koji se već petnaest godina bavi problematikom PMS-a obradio je jedan segment Pripreme mineralnih sirovina kojemu u literaturi pisane na našem jeziku, nije posvećeno dovoljno pozornosti. Djela koja u značajnijem obimu tretiraju ovu problematiku pisana su na stranim jezicima (Njemački, En-

gleski, Ruski). Stoga je pohvalno što je Autor svoje bogato naučno istraživačko iskustvo iz ove oblasti pretočio u knjigu koja po svojim kriterijumima (sadržaj, forma, metodologija) može biti uvrštena u listu rudarsko - tehnološke literature. (konstatacija recenzenta Dr. B. Tomića)

S obzirom na sadržaj i aktualnost tematike, djelo može korisno poslužiti i studentima Tehnološkog i Metalurškog fakulteta te svršenim studentima i inženjerima rudarstva, tehnologije i metalurgije kojima može pomoći u rješavanju praktičnih problema ili pružanju informacija o generisanju ideja za rješenja problematike koja je vezana za Pripremu mineralnih sirovina odnosno dio koji tretira postupke aglomeriranja mineralnih sirovina (konstatacija recenzenta Dr. S..Hodžića).

Objavljivanje ovog sveučilišnog udžbenika odobrilo je Povjerenstvo za znanstveno nastavnu literaturu i Senat Univerziteta u Tuzli. Katalogizacija je u publikaciji Nacionalne i Univerzitetske biblioteke BiH u Sarajevu.

Ferdinand, Ferddo Pudelko

Znanstveni suradnik

Zahvaljujemo svim donatorima i sponzorima koji su imali razumjevanja i interesa, te svojim priložima i ove godine omogućili tiskanje našeg Glasnika.

Aluminij d.d. Mostar
Agencija za privatizaciju Herceg – bosanske županije
Božić ceste - Čitluk
Birač - Fabrika glinice - Zvornik
Ciglana – Grahovo
Dolomit – Kupres
Drvoprerađivač - Mostar
DEL –CO – Visoko
Dravel - Posušje
Fivest – Drvar
Geocon – Čitluk
Geotehnika 94 – Mostar
Geomarić – Mostar
Geomib - Ljubiški
Herceg – bosanska županija
Hercegovačko - neretvanska županija
Hering – Široki Brijeg
Horizont - Vitez
IGH – Mostar
Indilović – Posušje
Integra – Mostar
Ivanković – Široki Brijeg
Ing – projekt – Križevci
Inka – Ljubuški
IGM ciglana Grahovo d.o.o. - Bosansko Grahovo
J.P.Elektroprivreda HZ HB – Mostar
J.P. za «Vodno područje sliva Jadranskog mora» - Mostar
KTM Brina – Posušje
Kop-Vrila - Posušje
Komotin - Jajce
Lager - Posušje
Livno putevi – Livno
Lijanovići - Š. Brijeg
Ministarstvo financija Županije zapadnohercegovačke
Mrvelji Posušje
Miličević - Kreševo
Platica – Žukovica, Drinovci – Grude
Point – Posušje
Popovo -Čapljina
Putovi - Grude
Planinski biser d.o.o. - Mostar
Proing 21 –Široki Brijeg
Rudnik boksita – Jajce
Rudnici boksita – Posušje
Rudnici boksita – Čitluk
Rudnici boksita – Široki Brijeg
Rudnik ugljena « Tušnica » - Livno
Separacija «Pržine» - Bosansko Grahovo
Scandkop - Zagreb
TIMZ – Široki brijeg
TEMP Ingrad - Imotski
Ukras kamen – Posušje
Vatroinvest – Zagreb
Vulkan plam – Čitluk
Županija Središnja –Bosna – Srednjobosanski kanton